



Aalborg Universitet

AALBORG UNIVERSITY
DENMARK

Bygningens Livscyklus

Identifikation af væsentlige bygningsdele, materialegrupper og faser i en miljømæssig vurdering

Rasmussen, Freja Nygaard; Birgisdottir, Harpa

Creative Commons License
Ikke-specificeret

Publication date:
2015

Document Version
Også kaldet Forlagets PDF

[Link to publication from Aalborg University](#)

Citation for published version (APA):

Rasmussen, F. N., & Birgisdottir, H. (2015). *Bygningens Livscyklus: Identifikation af væsentlige bygningsdele, materialegrupper og faser i en miljømæssig vurdering*. (1 udg.) SBI forlag. SBI Bind 2015:09

General rights

Copyright and moral rights for the publications made accessible in the public portal are retained by the authors and/or other copyright owners and it is a condition of accessing publications that users recognise and abide by the legal requirements associated with these rights.

- Users may download and print one copy of any publication from the public portal for the purpose of private study or research.
- You may not further distribute the material or use it for any profit-making activity or commercial gain
- You may freely distribute the URL identifying the publication in the public portal -

Take down policy

If you believe that this document breaches copyright please contact us at vbn@aub.aau.dk providing details, and we will remove access to the work immediately and investigate your claim.



STATENS BYGGEFORSKNINGSINSTITUT
AALBORG UNIVERSITET KØBENHAVN

BYGNINGENS LIVSCYKLUS

IDENTIFIKATION AF VÆSENTLIGE BYGNINGSDELE,
MATERIALEGRUPPER OG FASER I EN MILJØMÆSSIG VURDERING

SBI 2015:09



Bygningens livscyklus

Identifikation af væsentlige bygningsdele, materialegrupper og faser i en miljømæssig vurdering

Freja Nygaard Rasmussen
Harpa Birgisdóttir

Titel	Bygningens livscyklus
Undertitel	Identifikation af væsentlige bygningsdele, materialegrupper og faser i en miljømæssig vurdering
Serietitel	SBi 2015:09
Udgave	1. udgave
Udgivelsesår	2015
Forfatter	Freja Nygaard Rasmussen, Harpa Birgisdóttir
Fagfællebedømmer	Morten Birkved
Sprog	Dansk
Sidetæl	41
Litteraturhenvisninger	Side 28
Emneord	Bæredygtighed, livscyklusvurderinger, levetidsomkostninger, miljøpåvirkninger fra bygningsdele og byggevarer.
ISBN	978-87-563-1663-7
Tegninger	Rob Marsh (side 8, 12-13), Freja Nygaard Rasmussen (øvrige)
Omslag	Sirid Bonderup
Udgiver	Statens Byggeforskningsinstitut, Aalborg Universitet, A.C. Meyers Vænge 15, 2450 København SV E-post sbi@sbi.aau.dk www.sbi.dk

Der gøres opmærksom på, at denne publikation er omfattet af ophavsretslov

Forord

I de sidste par år er bæredygtighed gradvist blevet til et mere væsentligt begreb i diskussionen om kvalitetssikring af byggeriet. Bæredygtighed i byggeriet er et begreb, som omhandler byggeriets miljømæssige, økonomiske og sociale kvalitet og ses derfor som et supplement til de andre traditionelle og nødvendige kvaliteter af et byggeri. Livscyklusvurdering er et vigtigt værktøj til at belyse byggeriets miljømæssige bæredygtighed.

Regeringens byggepolitiske strategi indeholder et initiativ om øget vejledningsindsats på bæredygtighedsområdet, herunder vejledninger og værktøjer til beregning af miljøbelastningen fra byggevarer og bygninger ved livscyklusvurderinger. Formålet med dette projekt er at formidle viden og inspiration om LCA i byggeriet. Samtidig har formålet med projektet været at understøtte udviklingen af et LCA-værktøj for byggeriet. I projektet udføres livscyklusvurderinger (LCA'er) på udvalgte bygningscases. Eksempler fra disse cases bruges til at illustrere de forskellige bygningsdele, materialers og livscyklusfasers miljømæssige betydning i hele bygningens livscyklus.

Energistyrelsen har rekvireret rapporten som en del af SBI's myndighedsopgaver indenfor bæredygtigt byggeri. En projektgruppe bestående af Freja Nygaard Rasmussen og Harpa Birgisdóttir står bag rapporten. Harpa Birgisdóttir har været projektleder.

Rapporten er fagfællebedømt af Morten Birkved, lektor, Danmarks Tekniske Universitet, Kgs. Lyngby.

Statens Byggeforskningsinstitut, Aalborg Universitet København
Energ og miljø
Februar 2015

Søren Aggerholm
Forskningschef

Indhold

Forord	3
Indhold	4
1. Indledning	5
2. Bygningens livscyklus.....	6
Indikatorer	7
Rapportens analyser	8
3. Bygningsdele – Bidrag fra 1 m ² konstruktion.....	9
Spredninger af resultater	9
Miljøpåvirkninger fra 1 m ² bygningsdel	12
4. Bygningen – Bidrag fra hele byggeriet	14
De undersøgte bygninger	14
Totale resultater for bygningerne	15
Normaliserede resultater for bygningerne	16
Bidrag fra bygningsdele	18
Bidrag fra materialegrupper	19
Bidrag fra livscyklusfaser	22
Materialer mod energiforbrug.....	24
5. Konklusion	27
Henvisninger.....	28
Appendiks I: LCA-metode.....	29
Funktionel enhed	29
Systemafgrænsning	29
Scenarier til beregningerne.....	31
Indikatorer	32
Værktøj og databaser	32
Appendiks II	33
Baggrund til analysedel 1- Varianter af bygningsdele	33
Appendiks III.....	35
Opgørelsesliste over byggerierne	35
Appendiks IV.....	40
Materialeflows – Bortskaffelse og næste produktsystem	40

1. Indledning

Formål

Formålet med projektet er at udføre livscyklusvurderinger (LCA'er) af udvalgte bygningscases og med disse eksempler illustrere de forskellige bygningsdeles, materialers og livscyklusfaseres miljømæssige betydning i hele bygningens livscyklus. Projektet vil søge at identificere hvilke bygningsdele, materialegrupper og livscyklusfaser der har størst betydning når bygningen evalueres for hele dens livscyklus. Målgruppen for rapporten er alle som har interesse i byggevarernes miljøpåvirkning eller indflydelse på valget af materialer i et byggeri. Det kan primært være rådgivere, projekterende og byggevareproducenter, men også bygherrer og investorer.

Baggrund

Livscyklustankegangen er en væsentlig del af vurderingen af bygningers bæredygtighed. En grundlæggende viden om byggevarernes og de forskellige bygningsdeles betydning i bygningens livscyklus er dermed en vigtig parameter for de forskellige aktører der arbejder med vurdering af den miljømæssige del af bæredygtigt byggeri. Selvom metoden til livscyklusvurderinger har eksisteret i en årrække, har det ikke været almen praksis at anvende den i projektering af bygninger i Danmark. Det betyder også, at der er behov for en væsentlig videndeling til byggeriets parter omkring hvilken betydning forskellige processer, materialer og bygningsdele har i bygningens livscyklus.

I forbindelse med udviklingen af BEAT modellen på SBI i slutningen af 1990'erne blev der udført adskillige LCA'er af danske bygninger, som via publicerede rapporter gav indblik i de forskellige bygningsdeles og byggevarers miljøpåvirkninger og ressourceforbrug. Den danske byggebranches incitament til at udføre LCA er dog først i løbet af de senere år blevet skærpet med et generelt samfundsmæssigt fokus på bæredygtighed og ressourcer samt indførelsen af den frivillige danske certificeringsordning for bæredygtigt byggeri DGNB. Metode, systemafgrænsning, datagrundlag og bygningsmasse har ændret sig siden BEAT-analyserne, der blev lavet omkring år 2000. For samtlige interessenter inden for vurdering af den miljømæssige del af bæredygtigt byggeri er det derfor vigtigt med et opdateret grundlag af viden om byggevarernes og de forskellige bygningsdeles væsentlighed i bygningens livscyklus, og det er i dette lys at denne rapport skal ses.

Afgrænsning

Projektets analyser er lavet på teoretiske cases af nybyggeri. Det betyder at resultaterne, der fremlægges i denne rapport er illustrative eksempler på byggerier opført til at opfylde bygningsreglement 2010, lavenergiklasse 2015 samt bygningsklasse 2020.

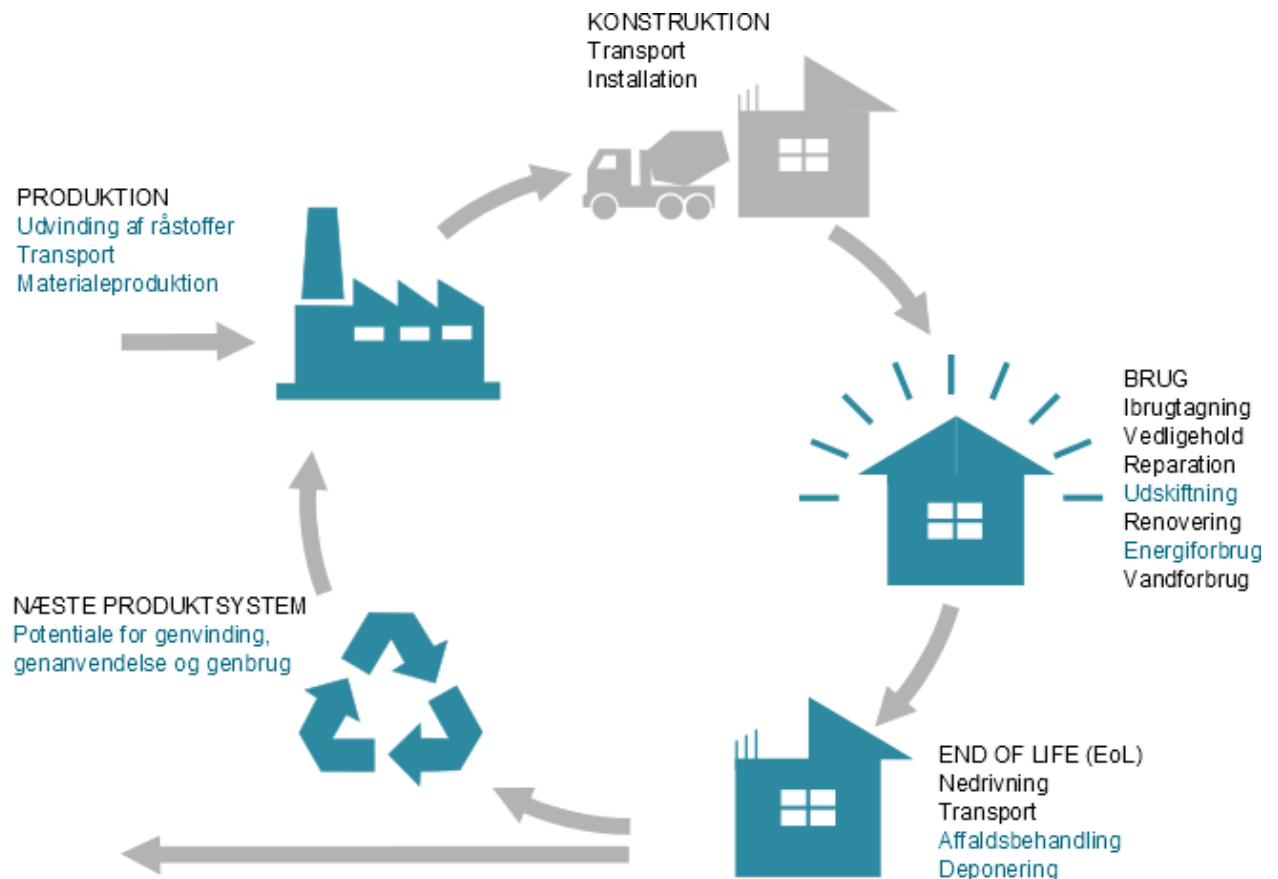
LCA-metodiske afgrænsninger i beregningerne fremgår af appendiks I.

Antagelser for materialernes og bygningernes levetider i dette projekt er baseret på anbefalinger i Aagaard m.fl. 2013. I projektet introduceres længere tidshorisonter for bygningernes levetider end fx introduceret i LCA-delen af DGNB certificering af danske bygninger. Længere levetider er anvendt i dette projekt for at kunne vurdere den miljømæssige betydning af anvendelse af langtidsholdbare materialer som ikke ville blive vurderet ved kortere levetider som fx 50 år.

2. Bygningens livscyklus

En livscyklusvurdering af en bygning fremstiller bygningens potentielle miljøpåvirkninger på nogle kvantitative indikatorer. LCA'en kan udføres på forskellige tidspunkter i byggeprocessen og med flere formål for øje. I den tidlige designfase kan metoden bruges til at sammenligne konstruktionsalternativer og bygningsformer med henblik på at vælge de miljømæssigt mindst belastende løsninger. For allerede opførte bygninger kan metoden bruges til at dokumentere og eventuelt indgå i bygningens certificering som et bæredygtigt byggeri.

Ved en livscyklusvurdering af en bygning sammenregnes de potentielle miljøpåvirkninger og ressourceforbrug gennem hele bygningens levetid. En fuld livscyklusvurdering inkluderer dermed samtlige faser fra produktionen af materialer over konstruktionen, brugsfasen og nedrivningen og til materialerne bortskaffes eller genanvendes.



Figur 1 Bygningens livscyklus med livscyklusfaser som defineret i CEN/TC 350-standarderne. De med blåt markerede livscyklusfaser indgår i denne rapport's beregninger.

Beregningerne udført til denne rapport inkluderer udvalgte processer, jvf. de med blåt markerede livscyklusfaser illustreret i figur 1. Et mere detaljeret overblik over processer, livscyklusfaser og metodisk baggrund kan findes i appendiks I.

Indikatorer

Resultaterne af en livscyklusvurdering opgøres på en udvalgt række af kategorier og indikatorer. I denne rapport er følgende benyttet:

	Kategori Enhed Relevans	GWP Global Opvarmning CO ₂ -ækvivalenter Når mængden af drivhusgasser i atmosfæren øges, opvarmes de jordnære luftlag med klimaændringer til følge.
	Kategori Enhed Relevans	ODP Ozonlagsnedbrydning R11-ækvivalenter Nedbrydning af det stratosfæriske ozonlag som beskytter flora og fauna mod solens skadelige UV-A og UV-B-stråler.
	Kategori Enhed Relevans	POCP Fotokemisk ozondannelse Ethen-ækvivalenter Bidrager i forbindelse med UV-stråler til at danne jordnær ozon (sommersmog) som bl.a. er skadelig for luftvejene.
	Kategori Enhed Relevans	AP Forsuring SO ₂ -ækvivalenter Reagerer med vand og falder som "sur regn", der bl.a. medvirker til at nedbryde rodsystemer og udvaske planternes næringsstoffer.
	Kategori Enhed Relevans	EP Næringssaltbelastning PO ₄ -ækvivalenter For høje tilførsler af næringsstoffer fremmer uønsket plantevækst i sarte økosystemer, f.eks. algevækst med fiskedød til følge.
	Kategori Enhed Relevans	PE_{tot} Primærenergiforbrug MJ eller kWh Et højt forbrug af ressourcer i primærenergiform (før konvertering) fra fossile og fornybare kilder kan bidrage til ressourceknaphed.

De ovenstående seks udvalgte kategorier er primært valgt på grund af, at det er dem, der benyttes i den aktuelle database for projektet, ESUCO. De her benyttede kategorier udgør en del af mængden af kategorier i de europæiske standarder for bæredygtighed inden for byggeri og anlæg – CEN/TC 350. Det er også de samme kategorier som indgår i LCA'er udført i forbindelse med DGNB certificering af bygninger i Danmark.

Der findes en lang række af yderligere kategorier som kan benyttes ved livscyklusvurderinger og som bidrager til et mere detaljeret billede af eventuelle konsekvenser. Disse yderligere kategorier kan f.eks. være til belysning af toksiske potentialer eller arealinddragelse. Det har ikke været muligt at inddrage lignende kategorier i dette projekt på baggrund af databasens begrænsninger.

Rapportens analyser

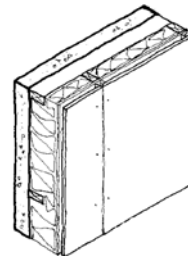
Rapporten er opbygget med to dele af analyse:

Del 1. Bygningsdele – delelementerne til den hele bygning

Bottom-up analyse som tager udgangspunkt i enkelte bygningsdele/-komponenter og viser de udvalgte miljøpåvirkninger og ressourceforbrug forbundet med livscyklussen for 1 m² af pågældende bygningsdel.

De undersøgte bygningsdele er:

- | | |
|---------------|---------------|
| • Fundamenter | 6 varianter |
| • Terrændæk | 7 varianter |
| • Etagedæk | 17 varianter |
| • Ydervægge | 120 varianter |
| • Tag | 30 varianter |
| • Indervægge | 8 varianter |
| • Vinduer | 14 varianter |



Resultater fra denne del præsenteres i kapitel 3.

Del 2. Bygningen – den hele bygning brudt ned i delelementer

Top-down analyse som tager udgangspunkt i en hel bygning bestående af typiske konstruktionsvalg og viser miljøpåvirkninger og ressourceforbrug forbundet med livscyklussen for:

- bygningen som helhed
- bygningsdele
- materialekategorier
- livscyklusfaser.

Bygningsanalysen er udført på to typer af huse:



Parcelhus modelleret i 3 versioner:

- 2010-hus (basis-hus)
- Lavenergi 2015-hus (basishus + isolering, + bedre vinduer)
- Bygningsklasse 2020-hus (Lavenergi 2015-hus + isolering, + større vinduesareal + solceller)

Kontorhus modelleret i 1 version:

- Lavenergi 2015-hus



Resultaterne fra denne del præsenteres i kapitel 4.

3. Bygningsdele – Bidrag fra 1 m² konstruktion

Opgørelsen af miljøpåvirkninger og ressourceforbrug pr m² bygningsdel tjener til at vurdere:

Hvordan er forholdet mellem resultaterne for 1 m² af de forskellige bygningsdele inden for den samme miljøkategori?

Måden som beregningerne er foretaget på giver yderligere mulighed for at vurdere:

Er der store variationer i resultaterne for den enkelte bygningsdel?

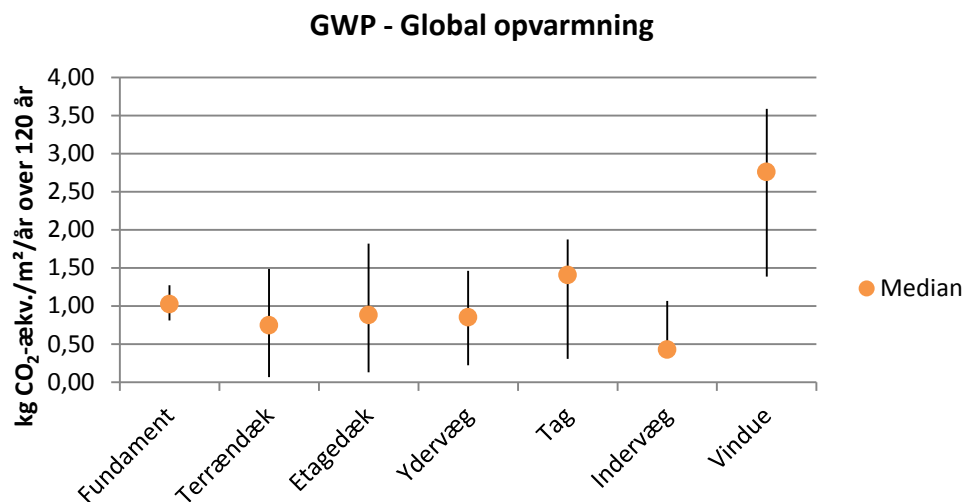
En sådan grundlæggende viden om typiske konstruktioners miljøpåvirkning kan benyttes i bygningens tidlige designfase hvor form og materialer endnu ikke er helt på plads. Med denne viden kan man i designet forsøge at tage højde for de bygningsdele, der viser sig at være af betydning, og man kan arbejde med at skalere arealerne i bygningens form efter mindst mulig samlet miljøpåvirkning.

Spredninger af resultater

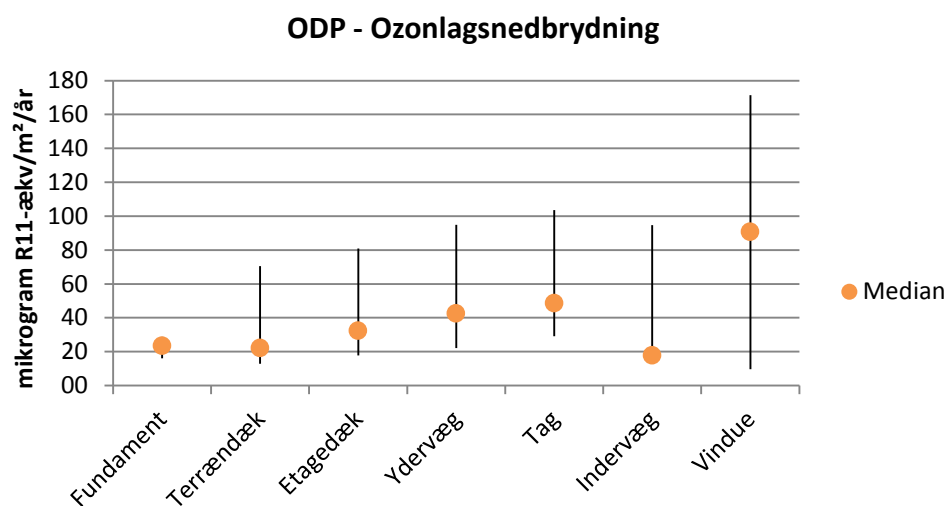
For hver bygningsdel er der beregnet miljøpåvirkninger for en række forskellige konstruktionsvarianter, fx er der for vinduer beregnet miljøpåvirkninger for 14 varianter og for ydervægge 120 varianter.

Figurerne 2-7 illustrerer for hver miljøpåvirkningskategori spredningen af resultater fra de forskellige varianter af de enkelte bygningsdele. Medianen er markeret for at indikere eventuelle skævheder i de ikke-normalfordelte resultater.

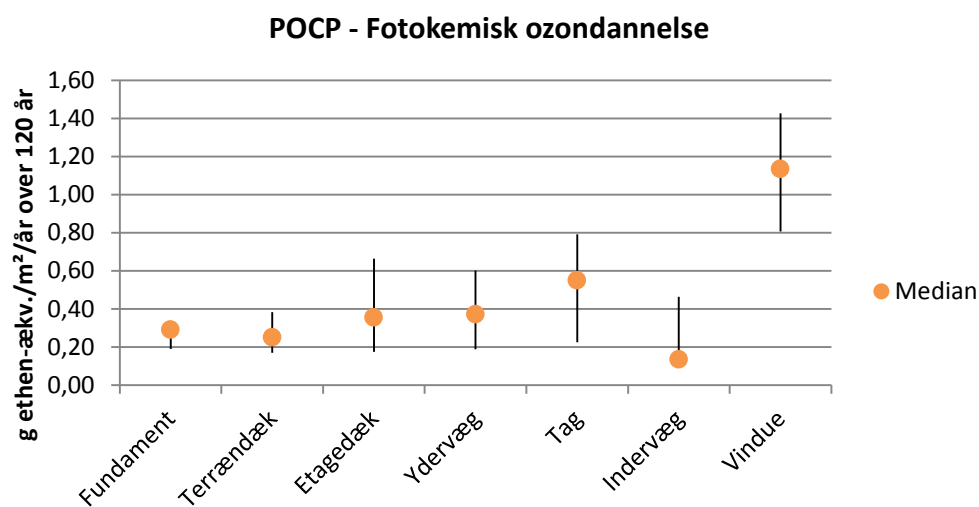
Resultaterne er angivet pr m² bygningsdel og illustrerer dermed forholdet mellem bygningsdelene 1:1. I praksis vil der, i et byggeri, anvendes en række forskellige arealer af bygningsdele alt efter byggeriets form, så selv om vinduespartier generelt har høje værdier af miljøpåvirkninger tilknyttet er det ikke nødvendigvis dem der fylder mest i opgørelsen over den samlede bygning. Eksempler på fordelingen for en samlet bygning præsenteres i analysedelen i kapitel 4.



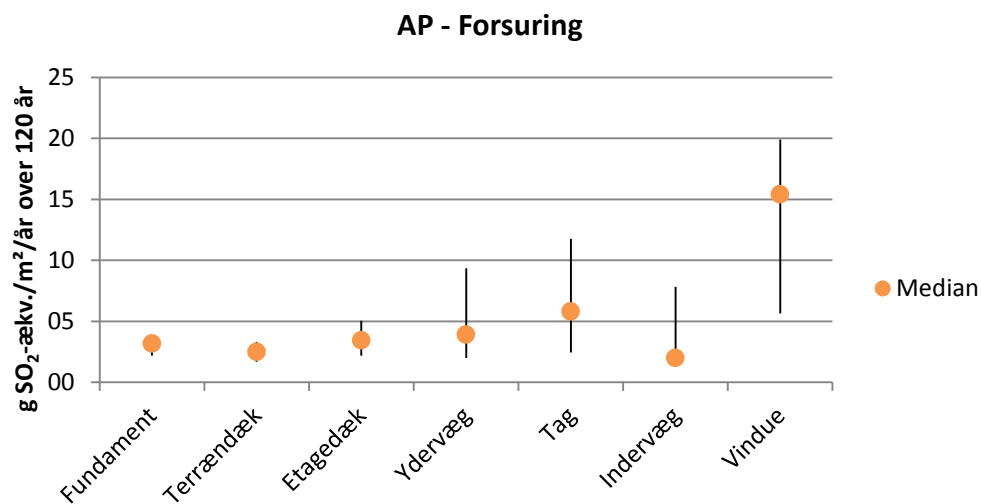
Figur 2 Spredning af resultater i GWP for 1 m² af bygningsdelen



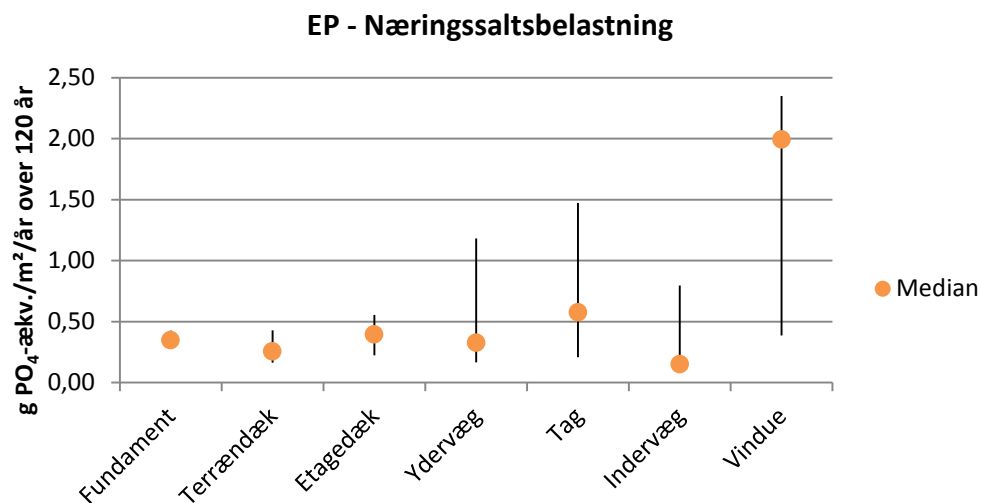
Figur 3 Spredning af resultater i ODP for 1 m² af bygningsdelen



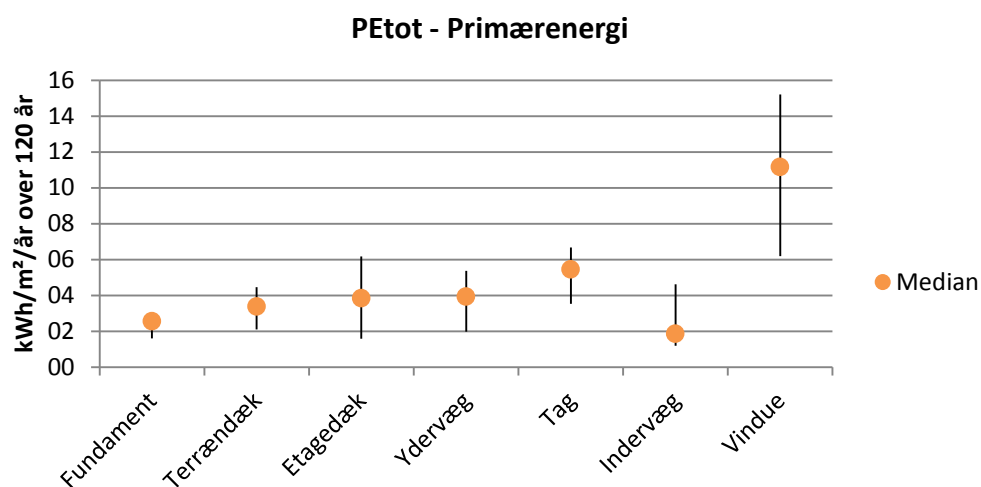
Figur 4 Spredning af resultater i POCP for 1 m² af bygningsdelen



Figur 5 Spredning af resultater i AP for 1 m² af bygningsdelen



Figur 6 Spredning af resultater i EP for 1 m² af bygningsdelen



Figur 7 Spredning af resultater i PEtot for 1 m² af bygningsdelen

Miljøpåvirkninger fra 1 m² bygningsdel

Ved læsningen af resultater fra denne analyse er det vigtigt at holde sig for øje at der for nogle af bygningsdelene kun er regnet på simple variationer af de allermest typiske konstruktionsvalg. Eksempelvis findes der, for fundamenternes vedkommende, nogle konstruktionsalternativer i form af skruefundamenter eller EPS-sokler som adskiller sig radikalt fra de her analyserede i materialeforbrug og opbygning. Ligeledes findes der mange forskellige isoleringsmaterialer der i princippet kan benyttes i ydervæg og tag, men som ikke er inkluderet i beregningerne her.

En oversigt over de materialer og lag af bygningsdele der har indgået i beregningerne kan findes i appendiks II.

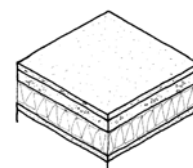
Fundamenter

Resultater for fundamentene viser lille spredning pga forholdsvis stor ensartethed i materialetyper og –mængder variationerne imellem. Dertil kommer at beregninger er udført på et mindre antal konstruktionsvarianter (fem varianter). Miljøpåvirkninger pr m² ligger i den lave ende i forhold til de andre bygningsdele – lige på nær GWP hvor det høje indhold af beton giver udslag.

Variationer: 6

Terrændæk

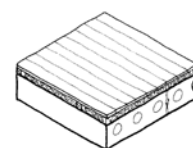
Terrændækkene er ligesom fundamentene opbygget i få varianter, så resultatforskellene terrændækkene imellem ligger primært i den gulvbeklædning varianten indebærer. For kategorierne GWP og ODP spænder resultaterne for terrændæksvarianterne bredt, mens der er mindre resultatspredning ved de andre kategorier. I de fleste miljøpåvirkningskategorier ligger terrændækkene som en af de bygningsdele der bidrager mindst pr m² konstruktion.



Variationer: 7

Etagedæk

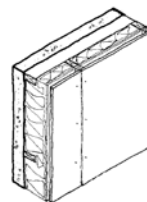
Til beregningerne relateret til etagedækkene er der, foruden kerne-elementet i dækket, inkluderet både gulv- og loftopbygning. Det giver en række varianter med store forskelle i materialevalg og konstruktionstype. Variationen kommer til udtryk i nogle resultater med betragtelig spredning inden for de fleste af miljøpåvirkningskategorierne (PE_{tot}, GWP, ODP og POCP). Sammenholdt med de andre bygningsdele lader etagedækkene til at placere sig i midten af feltet på de fleste miljøpåvirkningskategorier når der måles miljøpåvirkning pr m².



Variationer: 17

Ydervægge

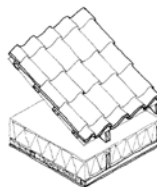
Ydervæggene er beregnet i 120 variationer som dækker over både lette og tunge ydervægge med forskellige beklædninger og isoleringstyper. Med PEtot som undtagelse, er der anseelig spredning inden for samtlige miljøpåvirkningskategorier. Ligesom etagedækkene placerer ydervæggene sig umiddelbart i midten af feltet af bygningsdele når der måles miljøpåvirkninger pr m².



Variationer:
120

Tag

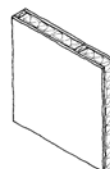
Varianterne af tagkonstruktioner inkluderer både flade tage og tag med hældning. Resultaterne for disse tagkonstruktioner viser stor spredning inden for samtlige miljøpåvirkningskategorier bortset fra PEtot. Sammen med vinduer udgør tagkonstruktionerne de bygningsdele der, på baggrund af beregningerne, har de største miljøpåvirkninger pr m².



Variationer:
30

Indervægge

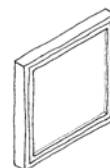
Resultaterne for indervægge viser stor spredning i snart sagt samtlige miljøpåvirkningskategorier. Medianen ligger dog i alle tilfælde meget lavt hvilket indikerer at i hvert fald halvdelen af resultaterne ligger på tilsvarende lavt niveau og at det dermed er den resterende del af resultaterne, der står for den store spredning. Af nærmere analyser ses det, at en indervægsvariation af glas ligger bag de højeste værdier. Ses bort fra denne variant ligger indervæggene som en af de bygningsdele der indebærer de laveste værdier for miljøpåvirkninger pr m² konstruktion.



Variationer: 8

Vinduer

Resultaterne for vinduer viser betragtelig spredning inden for samtlige miljøpåvirkningskategorier. Det hænger sammen med nogle konstruktionsvarianter med store forskelle i materialetyper og -forbrug. I samtlige miljøpåvirkningskategorier ligger vinduerne som den bygningsdel der har den største miljøpåvirkning pr m² konstruktion.



Variationer:
14

4. Bygningen – Bidrag fra hele byggeriet

Forrige kapitel med fokus på miljøpåvirkninger og ressourceforbrug fra 1 m² konstruktion suppleres i dette kapitel med eksempler på LCA'er af to hele bygninger. På denne måde belyses

Hvilke bygningsdele/materialegrupper/livscyklusfaser betyder samlet set mest i en bygnings-LCA?

Derudover undersøges kort

Hvor stor er materialernes miljøpåvirkning i forhold til miljøpåvirkninger fra energiforbrug i husets brugsfase?

De undersøgte bygninger

Der er undersøgt to typer bygning, et parcelhus (uden kælder) og et kontorhus. De er begge bygget så de opfylder lavenergiklasse 2015. I tabellerne 1 og 2 er konstruktionsløsninger og designvalg for de modellerede huse opgjort på kategorier af bygningsdele. Detaljerede mængdeopgørelser kan findes i appendiks III.

Tabel 1 Specifikationer for det analyserede parcelhus

Parcelhus Bruttoetageareal 149 m ²	Bygningsdel	Areal af bygningsdel [m ²]	Bygningsdelen omfatter
	VVS-anlæg	-	Centrale anlæg, dvs pumpe, veksler, varmtvandsbeholder og ventilationsanlæg
	Vinduer	33	Træ/alu-vinduer. Glasflader udgør 23 m ² af vinduesarealet
	Indervægge	97	Porebeton med puds, glasfilt og maling
	Tag	195	Gitterspær med fast undertag og teglsten. Mineraluldsisolering og påbyggede gipslofter
	Ydervægge	112	Bagmur af porebeton. Mineraluldsisolering og formur af murværk
	Terrændæk	128	Armeret beton på EPS og dampspærre. Gulve med tæppefliser, trægulv og klinker
	Fundament	54 (m)	Linjefundament af beton. Sokkel af isolerede letklinkerblokke

Tabel 2 Specifikationer for det analyserede kontorhus

Kontorhus Bruttoetageareal 4157 m ² Opvarmet etageareal 3283 m ²	Bygningsdel	Areal af byg- ningsdel [m ²]	Bygningsdelen omfatter
	VVS-anlæg	-	Centrale anlæg, dvs pumpe, veksler, varmt- vandsbeholder og ventilationsanlæg
	Vinduer	892	Træ/alu-vinduer. Glasflader udgør 716 m ² af vinduesarealet
	Indervægge	616	Armeret beton med puds og maling
	Tag	832	Varmt tag på betondæk. Trykfast mineraluldsiso- lering og 2 lag tagmembran
	Ydervægge	1469	Kældervægge (1 etage) af beton. Gavlpartier med bagmur af beton og formur af murværk. Let facadekonstruktion med træskelet og gipsplade, membran og fibercementplader. Mineraluldsiso- lering
	Trapper/ramper	-	Armeret beton
	Etagedæk	3326	Armeret beton med slidlag og dampspærre. Be- klædning med vinyl. Nedhængte akustiklofter.
	Terrændæk	832	Kælderdek. Armeret beton på EPS
	Søjler/bjælker	-	Armeret beton
	Fundament	-	Betonfundamenter til søjler





Totale resultater for bygningerne

Tabellerne 3 og 4 præsenterer de samlede resultater for henholdsvis parcel- og kontorhusets LCA. Resultaterne inden for de forskellige kategorier angives både for bygningen som helhed over den forventede levetid og som årlig påvirkning fordelt på bygningens bruttoareal.

Tabel 3 Totale resultater for parcelhusets samlede livscyklus.

Parcelhus, forventet levetid: 120 år	GWP		55.200	kg CO ₂ -ækvivalenter
	Global opvarmning		3,1	kg CO ₂ -ækv./m ² /år
	ODP		0,002	kg R11-ækvivalenter
	Ozonlagsnedbrydning		1,1*10 ⁻⁷	kg R11-ækv./m ² /år
	POCP		20,8	kg Ethen-ækvivalenter
	Fotokemisk ozondannelse		0,001	kg Ethen-ækv./m ² /år
	AP		236	kg SO ₂ -ækvivalenter
	Forsuring		0,01	kg SO ₂ -ækv./m ² /år
	EP		26,1	kg PO ₄ -ækvivalenter
	Næringssaltbelastning		0,001	kg PO ₄ -ækv./m ² /år
	PEtot		262.000	kWh
	Primærenergiforbrug		14,6	kWh/m ² /år

Tabel 4 Totale resultater for kontorhusets samlede livscyklus

Kontorhus, forventet levetid: 80 år	GWP Global opvarmning		964.000 2,9	kg CO ₂ -ækvivalenter kg CO ₂ -ækv./m ² /år
	ODP Ozonlagsnedbrydning		0,03 8*10 ⁻⁸	kg R11-ækvivalenter kg R11-ækv./m ² /år
	POCP Fotokemisk ozondannelse		283 0,001	kg Ethen-ækvivalenter kg Ethen-ækv./m ² /år
	AP Forsuring		3.230 0,01	kg SO ₂ -ækvivalenter kg SO ₂ -ækv./m ² /år
	EP Næringssaltbelastning		384 0,001	kg PO ₄ -ækvivalenter kg PO ₄ -ækv./m ² /år
	PEtot Primærenergiforbrug		2.930.000 8,8	kWh kWh/m ² /år

Det er væsentligt at holde sig for øje at potentialerne for miljøpåvirkninger som angivet ovenfor er gennemsnitligt fordelt over en periode svarende til bygningens forventede levetid. Reelt set vil størstedelen af de materialeorienterede miljøpåvirkninger normalt ske i de tidlige faser af husets livscyklus ved produktionen af byggevarer og komponenter (jvf. side 23).

LCA-beregningens resultater som angivet i ovenstående tabeller kan være svære at forholde sig til. Kommunikationen og fortolkningen af LCA-resultater kan dog hjælpes på vej ved at normalisere de samlede resultater for hver enkelt kategori som beskrevet i det følgende.

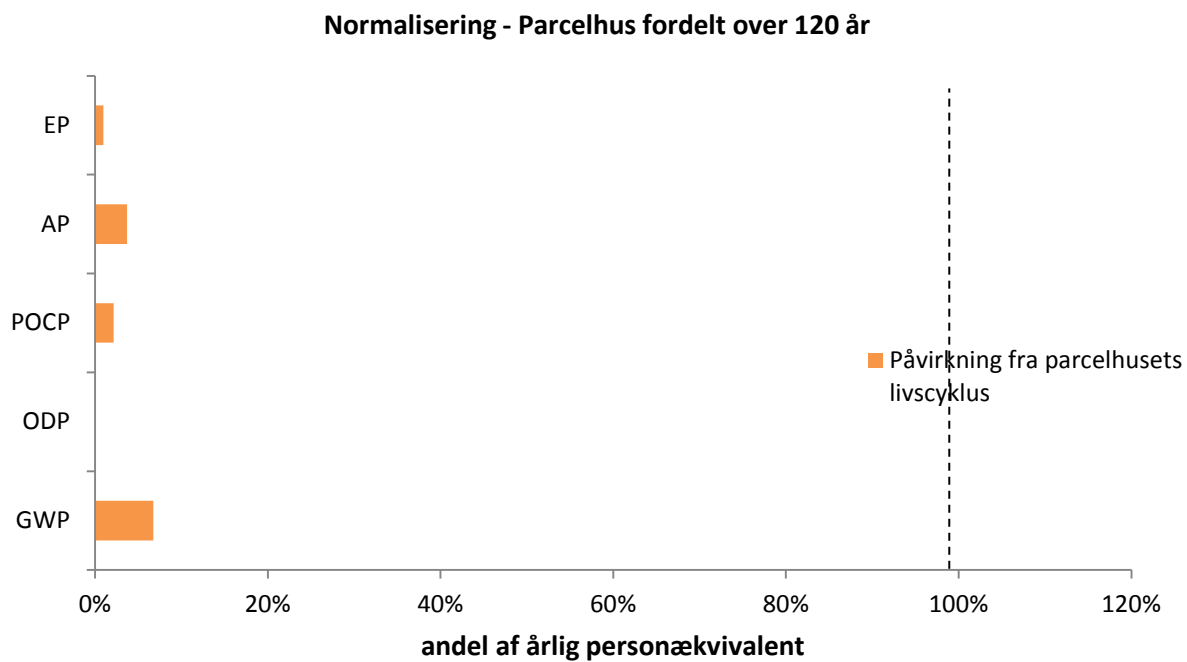
Normaliserede resultater for bygningerne

Normaliserede resultater for parcelhus og kontor fortæller hvor stor en andel af en gennemsnitpersons årlige miljøpåvirkninger som bygningens miljøpåvirkninger svarer til. Et sådant gennemsnitsmål for årlig miljøpåvirkning inden for de enkelte påvirkningskategorier (GWP osv.) kaldes en personækvivalent. For figur 8, de normaliserede resultater fra parcelhuset, betyder det f.eks. at den årlige udledning af drivhusgasser (GWP) forbundet med et parcelhus' livscyklus svarer til ca. 7 % af én persons årlige udledning af drivhusgasser.

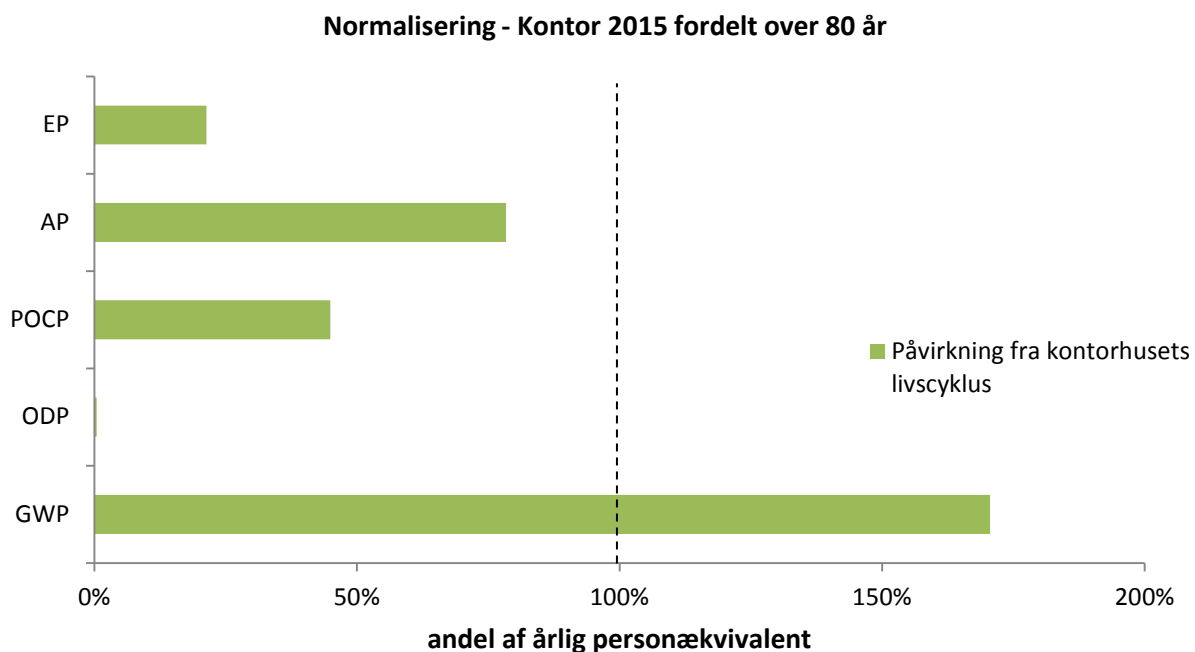
De andre normaliserede miljøpåvirkningskategorier for parcelhuset fremviser ikke nær så høje værdier som GWP, men ligger mellem 1 % og 4 % af en gennemsnitlig årlig udledning. ODP er særlig lav med bare 0,02 % af én persons gennemsnitlige årlige udslip af ozonlagsnedbrydende stoffer.

For kontorhuset observeres der samme tendens som i parcelhuset med GWP som den højeste med 175 % af personækvivalenten, tre af de andre kategorier med tal mellem 20 og 75 % og igen ODP med mindre end 1 % af personækvivalenten.

Ikke overraskende fremviser de normaliserede resultater for kontorhuset i figur 9 højere værdier end parcelhuset, ligesom kontorhuset arealmæssigt er større og kan rumme flere menneskers aktiviteter.



Figur 8 Årlig påvirkning fra parcelhusets livscyklus som andel af en verdensborgers gennemsnitlige årlige påvirkning (markeret ved 100 %)

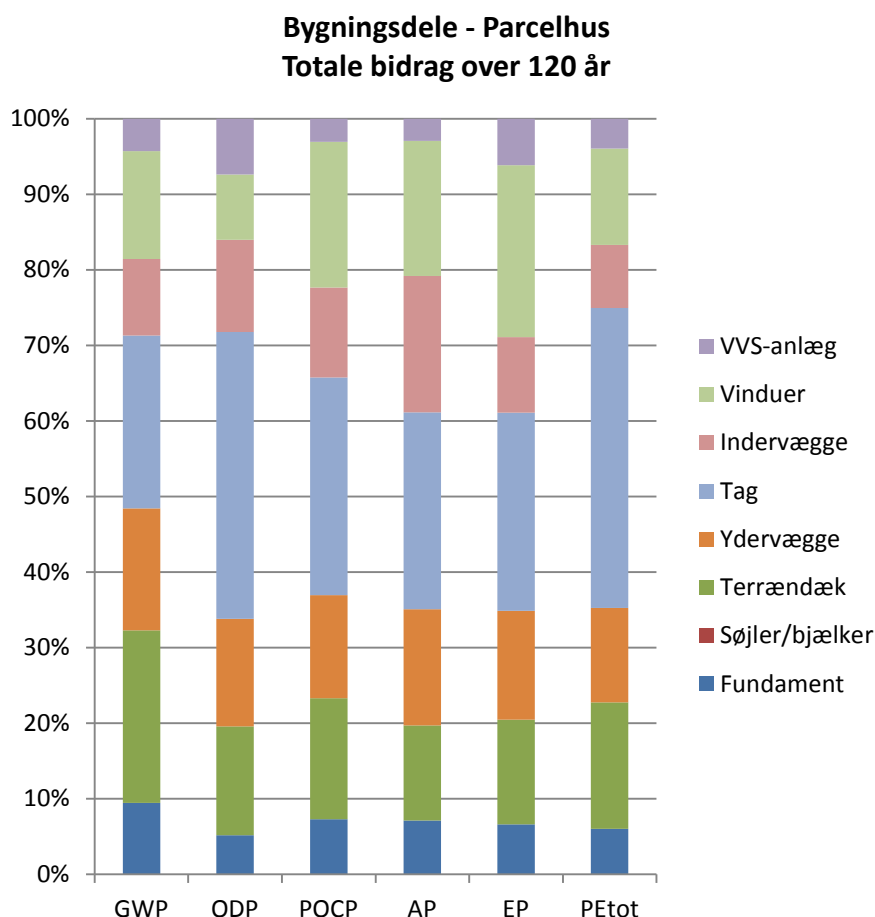


Figur 9 Årlig påvirkning fra kontorhusets livscyklus som andel af en verdensborgers gennemsnitlige årlige påvirkning (markeret ved 100 %)

De samlede resultater for parcel- og kontorhus er ikke vægtede. Det vil sige at resultaterne ikke siger noget om indenfor hvilke miljøkategorier at de mest alvorlige påvirkninger forekommer, og kategorierne kan dermed ikke sammenlignes på tværs. For at kunne foretage den vurdering kræves en vægtning af de forskellige kategorier. Vægtningsfaktorer findes dog ikke for den metode der er benyttet til udregningerne.

Bidrag fra bygningsdele

Figurene 10 og 11 viser de forskellige bygningsdeles bidrag til de samlede resultater for henholdsvis parcelhuset og kontorhuset. Tabellerne 2 og 3 beskriver hvad der er omfattet af de enkelte bygningsdele. Detaljerede redegørelser for mængder og tilknyttede datasæt kan findes i appendiks III.



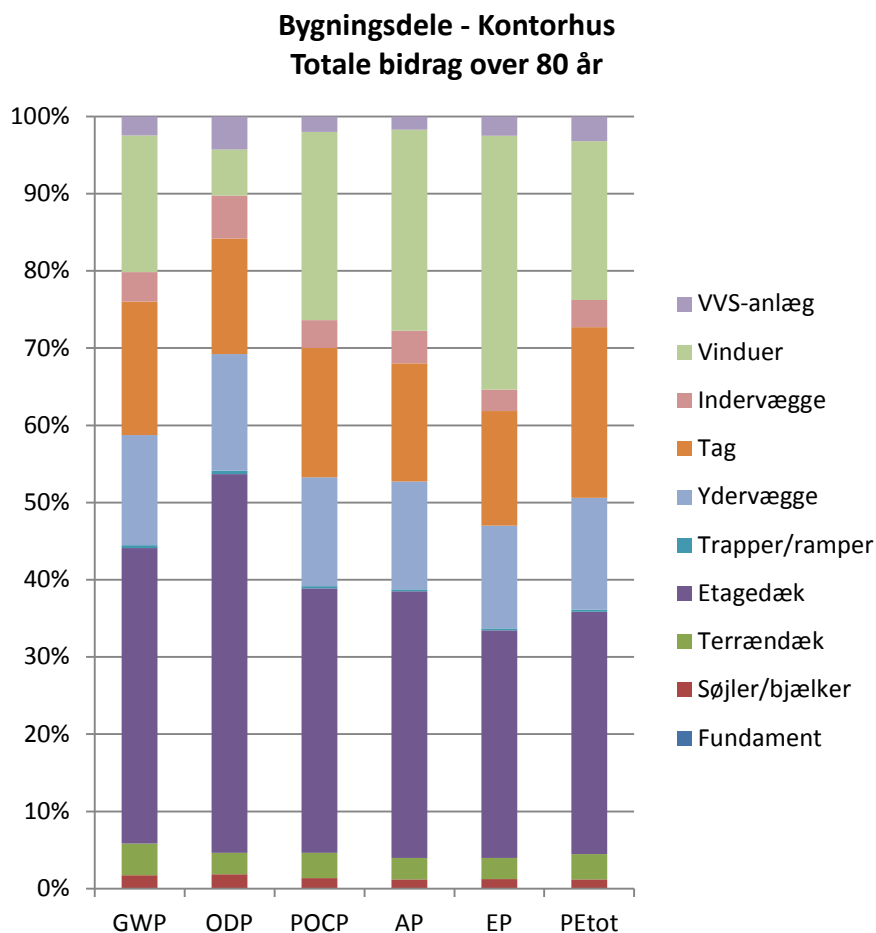
Figur 10 Bidrag fra bygningsdele - Parcelhus

For parcelhuset gælder at langt den overvejende del af miljøpåvirkningerne stammer fra husets klimaskærm, dvs terrændæk, ydervægge/vinduer og tag tilsammen (ca 80 % i samtlige miljøpåvirkningskategorier). Det er også i klimaskærmens elementer at langt den største masse findes med tunge materialer som beton og murværk.

Taget er samlet set den største bidragsyder i samtlige kategorier. Det skyldes en tagkonstruktion af solid opbygning (med beklædt fast undertag) samt at husets form betyder et forholdsmæssigt stort tagareal pr m² etageareal.

Vinduerne fylder en stor andel på samtlige kategorier sat i forhold til det areal de udgør i bygningens overflade. Det skyldes dels hyppigere udskiftning af disse dele i bygningens samlede levetid og dels at de komponenter og materialer der indgår i bygningsdelen (fx glas) vejer tungt, miljømæssigt set, i produktionen.

VVS-anlæggene fylder mindre end 8 % i samtlige miljøpåvirkningskategorier. Disse umiddelbart undseelige tal skal dog holdes op imod de forholdsvis få VVS-elementer som er medtaget i beregningerne. Det kan derfor forventes at en mere detaljeret VVS-opgørelse der også inkluderer fordelingsanlæg (eksempelvis gulvvarmedistribution, radiatorer, rørføring) kan opnå uventet stor betydning i de samlede resultater for en bygning.



Figur 11 Bidrag fra bygningsdele - Kontorhus

For kontorbygningens fordeling af miljøpåvirkninger gælder som ved parcelhuset at klimaskærmens elementer overvejende fylder mest indenfor de enkelte kategorier. Hvor klimaskærmen i parcelhuset tegnede sig for ca 80 % af de totale påvirkninger ligger det tilsvarende tal for kontorhuset dog kun mellem 40-60 %. I stedet er etagedækket som enkelt bygningsdel klart den mest dominerende i kontorbyggeriet. Denne markante ændring relaterer sig selvfølgelig direkte til husets design hvor kontorbygningen har et forholds-mæssigt større rum indenfor klimaskærmen.

Etagedækkets betydning for samtlige miljøpåvirkningskategorier springer i øjnene som den enkelte bygningsdel med mest betydning. Med fire dæk der inkluderer gulv- og loftsofbygning er det dog også en betydelig mængde af bygningens materialer der er samlet i denne bygningsdel.

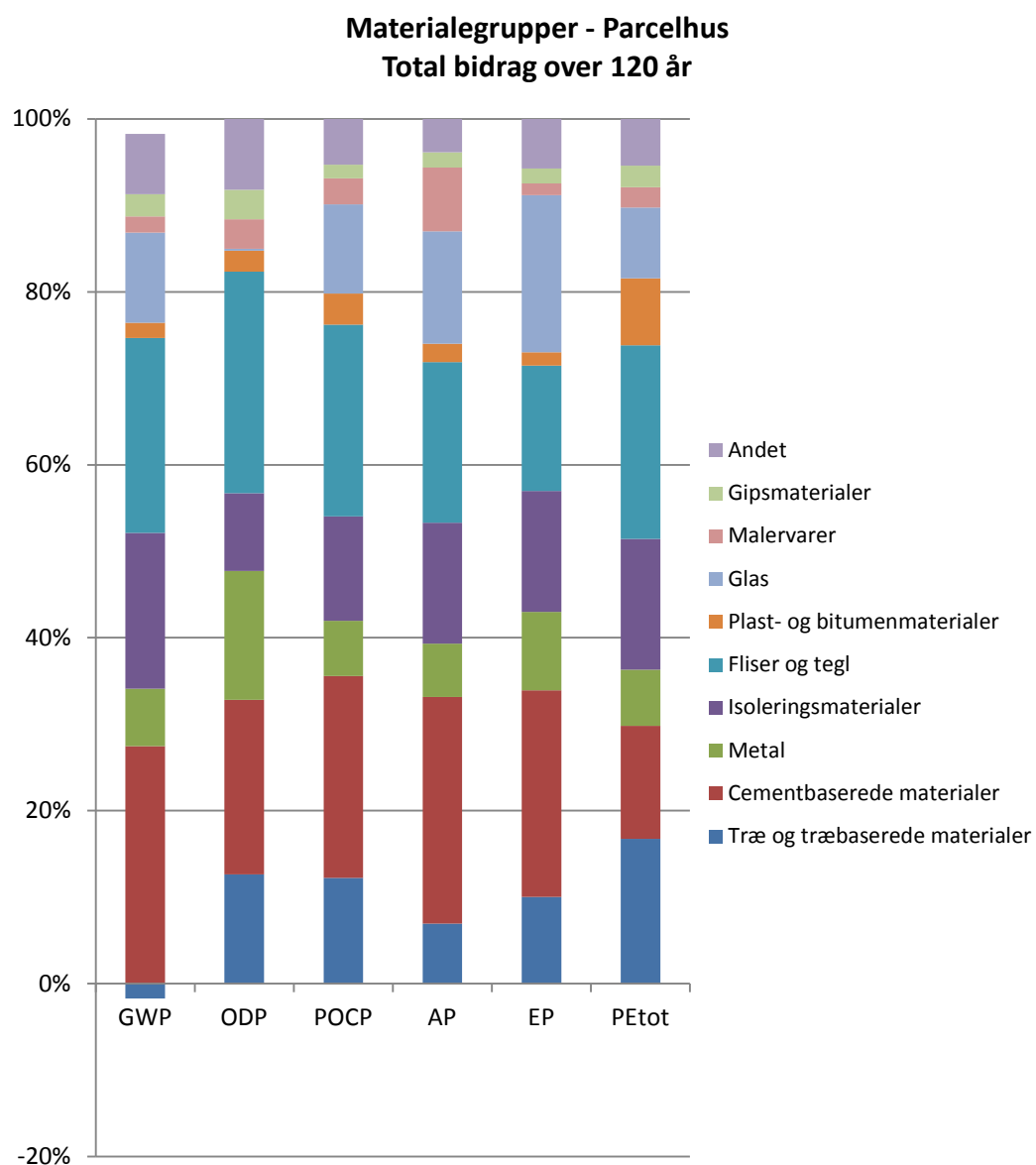
Vinduerne er ligeledes en stor bidragsyder til de fleste kategorier. Her gælder de samme betragtninger som for parcelhuset.

Bidrag fra materialegrupper

Figurerne 12 og 13 præsenterer bidrag til miljøpåvirkninger fra de forskellige materialegrupper der er benyttet i byggeriet. Tabellerne 5 og 6 viser materialeforbruget i de to forskellige bygninger. Detaljerede redegørelser for mængder og tilknyttede datasæt kan findes i appendiks III.

Tabel 5 Materialeforbruget i parcelhuset (runde tal)

Parcelhus. Betragtningssperiode 120 år	Materialegruppe	Masse [kg] benyttet i bygningens levetid (inkl udskiftninger)	Masse i % af bygningens samlede masse
	Træ og træbaserede materialer	6.700	3,7
	Cementbaserede materialer	80.600	43,9
	Metal	2.300	1,3
	Isoleringsmaterialer	4.000	2,2
	Fliser og tegl	36.700	20,0
	Plast- og bitumenmaterialer	2.000	1,1
	Glas	3.500	1,9
	Malervarer	500	0,3
	Gipsmaterialer	5.200	2,8
	Andet	42.100	22,9



Figur 12 Bidrag fra materialegrupper - Parcelhus

De massetunge materialer beton og tegl udgør hver ca. 10-25 % indenfor samtlige kategorier og springer dermed mest i øjnene.

Brugen af træbaserede materialer indebærer også en bemærkelsesværdig miljøpåvirkning indenfor de fleste kategorier. Det høje bidrag til primærenergiforbruget (PE_{tot}) og det negative bidrag til potentialet for global opvarmning (GWP) relaterer sig til de regneregler der gælder for LCA på træprodukter. Ved regnereglerne antages det at træet binder CO₂ fra atmosfæren i materialet og GWP bliver dermed negativ¹. Ligeledes tilskrives træprodukter, som et fornybart organisk materiale, et højt indhold af indlejret fornybar primærenergi. Den høje værdi for PE_{tot} udgøres dermed af 98 % fornybar primærenergi. Dette står i kontrast til samtlige andre materialegrupper hvor den fornybare primærenergi udgør i omegnen af 2-6 % af PE_{tot}.

Glasmodulerne samt metallerne er i forhold til vægten af dem relativt tungtvejende i de samlede resultater. Med disse materialegrupper er der også en del udskiftning af materialer der indvirker på bidraget.

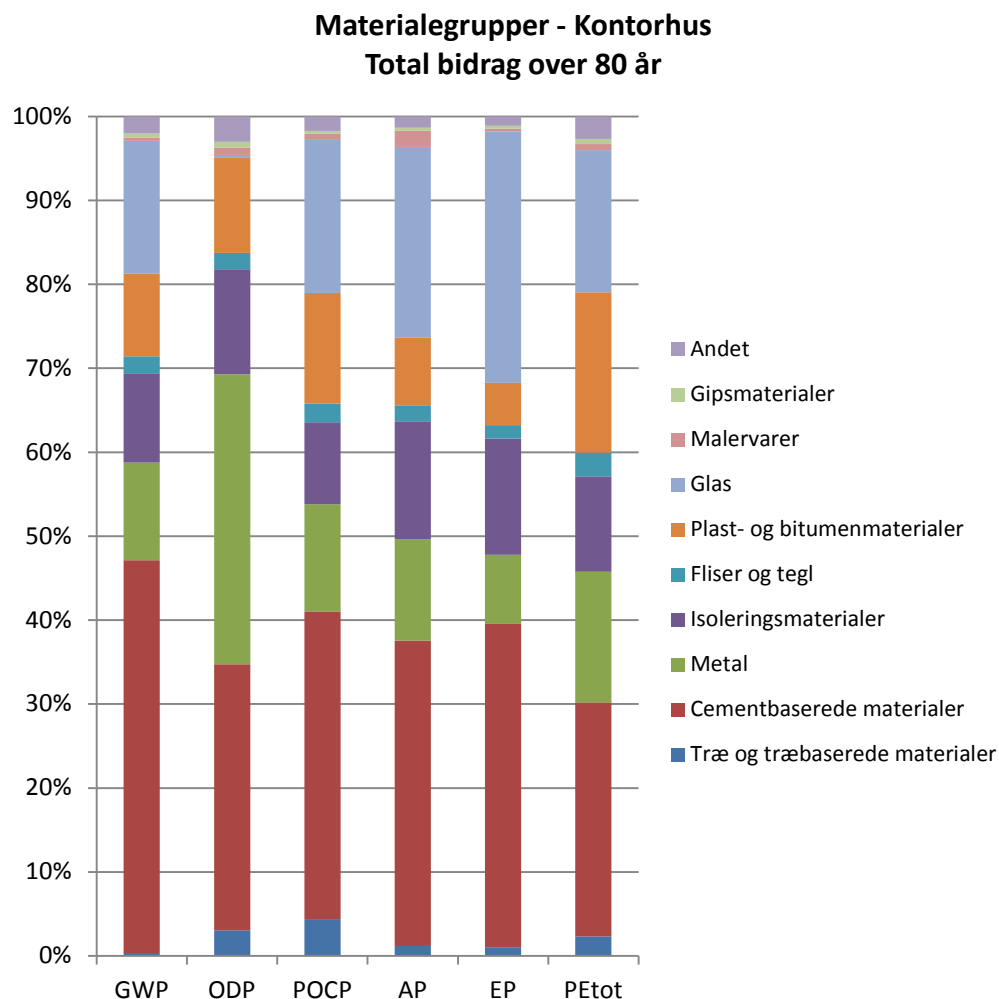
I materialegruppen Andet udgøres 95 % af massen af grus (underlag i terrændækket), mens miljøpåvirkningerne fra denne materialegruppe primært stammer fra de resterende 5 % masse; de hyppigere udskiftede VVS-anlæg samt tæppegulvet.

Tabel 6 Materialeforbruget i kontorhuset (runde tal)

Kontorhus. Betragtningssperiode 80 år	Materialegruppe	Masse [kg] benyttet i bygningens levetid (inkl udskiftninger)	Masse i % af bygningens samlede masse
	Træ og træbaserede materialer	9.600	0,3
	Cementbaserede materialer	2.810.000	82,0
	Metal	84.900	2,5
	Isoleringsmaterialer	63.800	1,9
	Fliser og tegl	81.100	2,4
	Plast- og bitumenmaterialer	74.900	2,2
	Glas	85.900	2,5
	Malervarer	1.700	0,05
	Gipsmaterialer	12.500	0,4
	Andet	202.600	5,9

For kontorhusets materialegrupper gælder at de cementbaserede materialer udgør langt størstedelen af bygningens samlede masse, jvf tabel 6. Dermed dominerer de cementbaserede materialer også fordelingen af miljøpåvirkningsbidrag fra materialegrupperne i figur 13 med ca 30-50 %. Ligesom ved parcelhuset er det dog metallerne og glasset der fylder forholdsæssigt meget, mellem 10-30 %, på trods af at materialerne kun udgør 2-3 % af bygningens samlede masse

¹ Ved anvendelse af træ som opmagasineres i bygningen i mere end 100 år tillader nogle LCA fremgangsmåder, fx PAS 2050, at der ses bort fra emissioner som stammer fra forbrænding af træet som foregår efter mere end 100 år. Det er valgt ikke at se bort fra disse emissioner i den andel af træ som indgår i parcelhuset, hvor tidshorisonten er 120 år.



Figur 13 Bidrag fra materialegrupper - Kontorhus

En yderligere gruppe af materialer der springer i øjnene for kontorhusets vedkommende er plast- og bitumenmaterialer. Det er brugen af dampspærre og tagpap, fortrinsvist sidstnævnte, der får denne materialegruppe til at fylde i de samlede resultater.

Bidrag fra livscyklusfaser

De analyserede livscyklusfaser dækker her kun over det samlede materialeforbrug i bygningens livscyklus. Energiforbruget til bygningsdrift er inkluderet i analyserne der præsenteres på side 24-26.

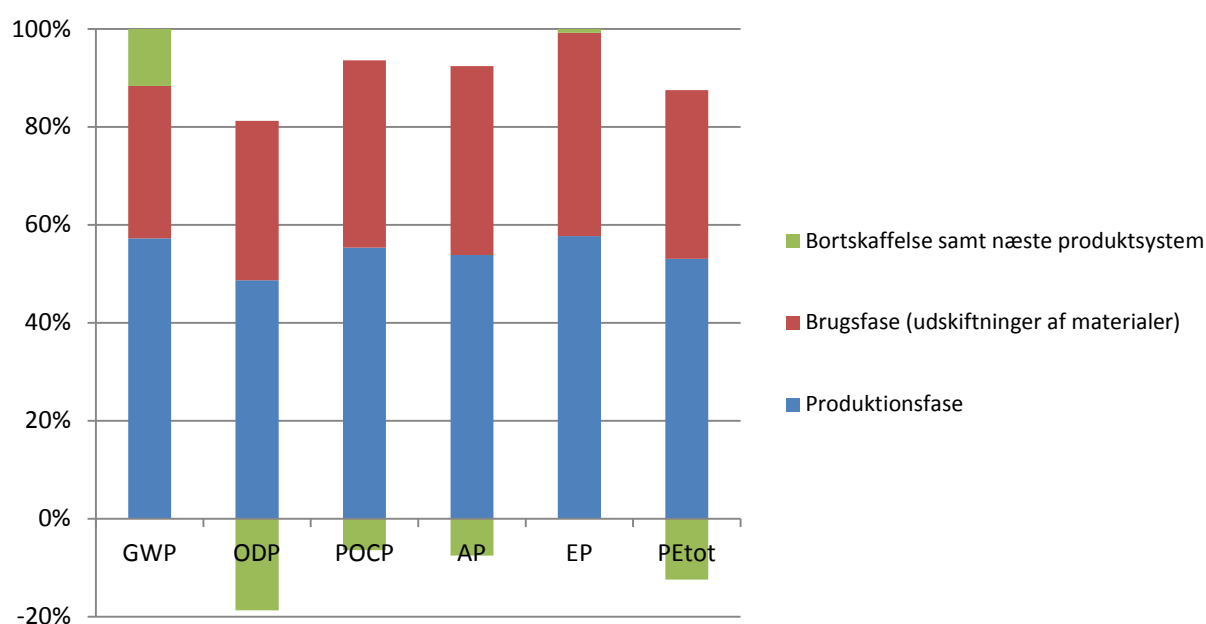
Figurene 14 og 15 illustrerer bidraget til bygningens samlede miljøpåvirkninger fra de tre livscyklusfaser der er inkluderet i beregningerne for materialeforbruget. Det drejer sig om følgende faser:

- produktion
- brug
- bortskaffelse og næste produktsystem²

Bortskaffelse og næste produktsystem er egentlig to forskellige livscyklusfaser, jvf kap 5, men i den benyttede database er denne skelnen ikke mulig at foretage.

² Næste produktsystem betegner materialets eventuelle anvendelse når materialet ikke længere indgår som en del af bygningen, men indgår som del af et andet, nyt produktsystem. Eksempelvis vil konstruktionsstål kunne omsmeltes og benyttes på ny i stålindustrien. Herved spares råmaterialer i det næste produktsystem.

Livscyklusfaser - Parcelhus Bidrag til total over 120 år

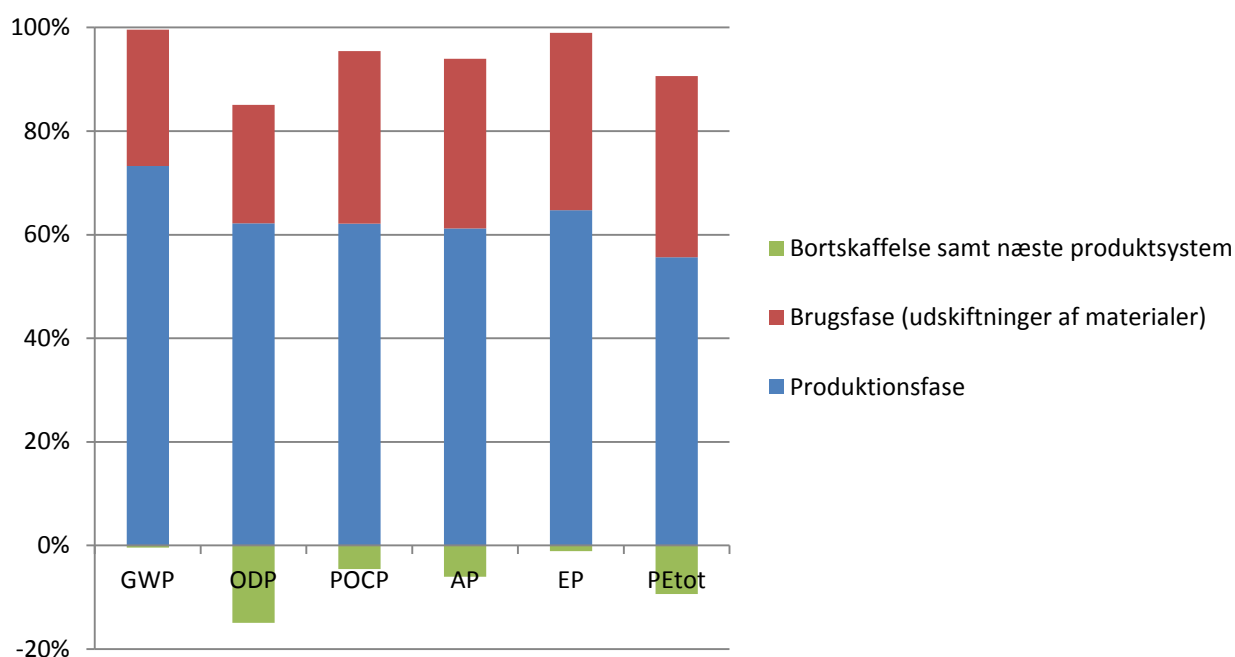


Figur 14 Bidrag fra livscyklusfaser - Parcelhus

For resultaterne fra parcelhuset gælder at produktionsfasen fylder klart mest som enkeltstående livscyklusfase. Udskiftningerne over de 120 år svarer til rundt regnet halvdelen af produktionsfasens bidrag.

I to af de seks miljøpåvirkningskategorier, potentialet for global opvarmning (GWP) og potentialet for næringssaltsbelastning (EP) er bidragene fra bortskaffelse og næste produktsystem en yderligere belastning til de totale resultater, men i de resterende kategorier er der en besparende effekt på resultaterne. Det skyldes at nogle materialer kan genanvendes og indgå i andre produktkredsløb hvilket dermed sparer udvinding af jomfruelige råvarer.

Livscyklusfaser - Kontorhus Bidrag til total over 80 år



Figur 15 Bidrag fra livscyklusfaser - Kontorhus

Af resultaterne for kontorhuset ses at produktionsfasen fylder relativt mere end for parcelhuset. Denne forskel skyldes primært den kortere tidshorisont som er benyttet for kontorhuset, 80 år mod parcelhusets 120 år. Det betyder at miljøbelastningerne fra de tungtvejende strukturelle elementer fordeles over en kortere tidshorisont og dermed optræder med en større miljøpåvirkning pr år.

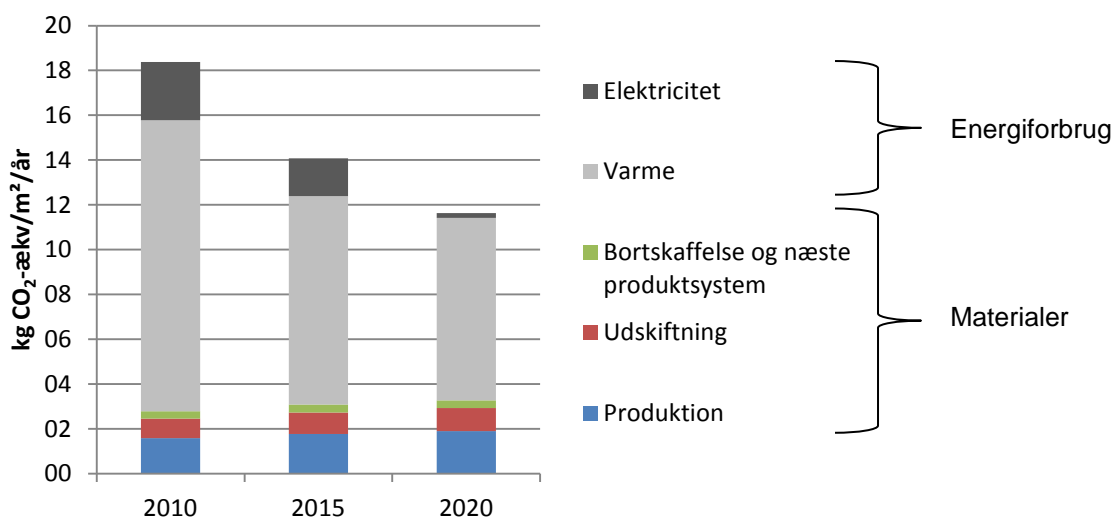
Ved kontorbygningen fremviser samtlige kategorier besparelser i det samlede resultat fra livscyklusfasen for bortskaffelse og næste produktsystem. For parcelhusets vedkommende fandtes belastningerne fra denne livscyklusfase tydeligst i kategorien GWP, potentialet for global opvarmning. Hvor der i parcelhusets bortskaffelsesfase udledes en del drivhusgasser fra forbrændingen af konstruktionstræ er der dog ikke i kontorhuset den tilsvarende mængde træ der skal bortskaffes. Til gengæld bidrager bortskaffelsen af tagpap med en væsentlig CO₂-emission når scenariet for bortskaffelse, som i dette studie, er sat som forbrænding, jvf appendiks III.

Materialer mod energiforbrug

De forrige afsnit omhandler udelukkende miljøpåvirkninger fra bygningens materialer. I dette afsnit er miljøpåvirkninger fra energiforbruget i bygningens mangeårige driftsfase også inkluderet i beregningerne. På denne måde er det muligt at danne sig et indtryk af hvor meget de indlejrede miljøpåvirkninger (fra materialerne) fylder mod miljøpåvirkningerne fra det løbende forbrug af energi til husets drift. Analyserne er udført for parcelhuset i tre forskellige versioner i henhold til bygningsreglementets krav til energirammen:

- 2010-hus (basis-hus)
- Lavenergi 2015-hus (+ isolering, + bedre vinduer)
- Bygningsklasse 2020-hus (+ isolering, + større vinduesareal + solceller)

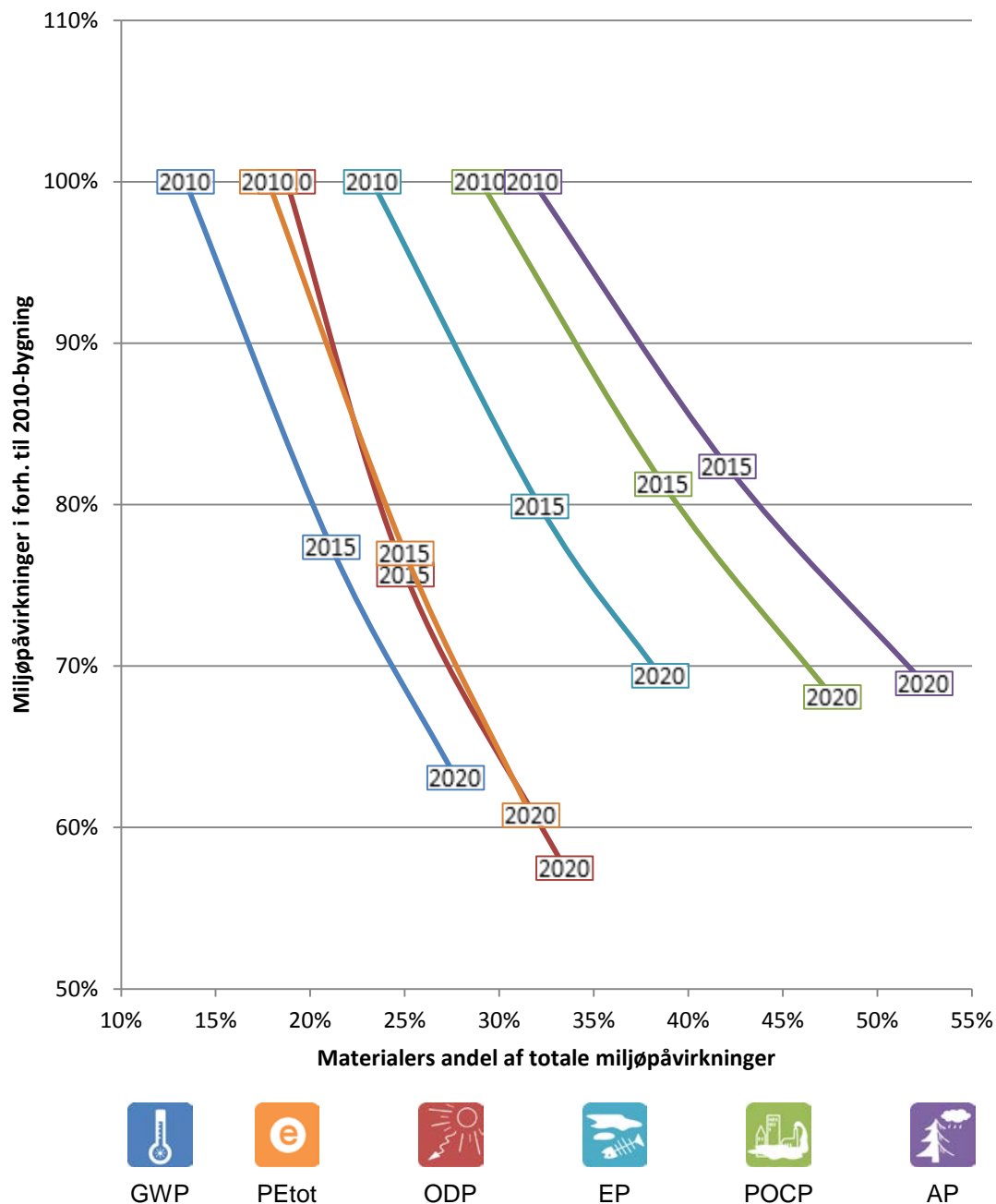
Et eksempel på fordelingen mellem påvirkninger fra materialer og fra energiforbrug fremgår af figur 16 for kategorien GWP, potentiale for global opvarmning.



Figur 16 Fordeling af bidrag fra materiale-relaterede og energiforbrugs-relaterede processer i bygningens livscyklus på kategorien GWP, potentiale for global opvarmning.

Figur 17 viser fordeling mellem bidrag fra materialer og energiforbruget for de 3 forskellige udgaver af parcelhuset på samtlige benyttede miljøpåvirkningskategorier.

Bemærk, i denne sammenhæng er sammenligningen gjort pr m²/år, men reelt set er det ikke et hvilket som helst år i løbet af bygningens levetid. Opgørelsen af materialernes miljøpåvirkninger er foretaget over en beregningsperiode på 120 år og derefter fordelt sådan at resultaterne kan gives pr m²/år over 120 år. Opgørelsen af brugsenergiens miljøpåvirkninger er til gengæld begrænset til at afspejle situationen i 2010 (hvor datasættet er fra). Energisammensætningen kan forventes at ændre sig drastisk inden for bare et årti og dermed ændres også miljøpåvirkningerne pr forbrugt kWh eller MJ i bygningen. Eksempelvis vil en fossilfri elforsyning sandsynligvis have en meget lavere udledning af CO₂ end el fra fornybare energikilder. Sammenligningen er dermed et øjeblikksbillede af en 2010-situation og kan ikke siges at være gældende for hele bygningens 120-årige levetid.



Figur 17 Miljøpåvirkninger fra materialer og brugsenergi for et 2010-hus, et lavenergi 2015-hus og et energiklasse 2020-hus

Figur 17 viser at selvom materialeforbruget øges i bestræbelserne på at forbedre klimaskærmen, er den samlede besparelse på energiforbrugets miljøpåvirkninger større endnu.

Det ses af figuren hvordan de samlede resultater for bygningens livscyklus falder med 30-40 procentpoint i alle kategorier fra 2010-version til 2020-version. Derudover ses det at materialerne udgør 10-20 procentpoint mere af de samlede resultater i alle kategorier fra 2010-version til 2020-version. Materialer i 2020-byggeriet kan på baggrund af figurens tal forventes at udgøre op mellem knap 30 % og 55 % af de samlede miljøpåvirkninger fra en bygnings livscyklus.

Det installerede solcelleanlæg i 2020-udgaven af parcelhuset har ikke været tilgængeligt som datasæt fra de primært benyttede databaser. Der er derfor benyttet et datasæt fra en anden database (Ecolnvent) hvor systemafgrænsning og baggrundsdata er anderledes. Miljøpåvirkninger fra elektricitetsproduktionen på solcellerne indgår som en del af de energirelaterede påvirkninger selvom solcellerne i princippet er en materiel installation i bygningen. Inkluderet i tallene for hver enhed produceret kWh er dog også forbruget af materiel, og dermed er livscyklussen for selve anlægget taget i betragtning.

Sammenligningen mellem kontorhusets materialer og energi i brugsfasen har ikke været mulig at foretage. Det skyldes at ændringerne fra en 2015-version til en 2020-version af kontorhuset inkluderer en række tekniske løsninger såsom ændret type af automatisk lysstyring samt ventilationsanlæg. Disse ændringer kan på nuværende tidspunkt ikke afspejles af databasen for byggevarer. Manglen på data for repræsentative tekniske komponenter kan være et problem da man kan regne med at de bygningsintegrerede tekniske komponenter i høj grad vil være en del af det energieffektive bæredygtige nybyggeri. Introduktionen af fælleseuropæiske standarder for miljøvaredeklARATIONER af byggevarer og –komponenter, CEN/TC 350-standarderne, kan dog på sigt tænkes at føre til et forbedret datagrundlag, også for den type tekniske komponenter der ikke kan opdrives i dette studie.

5. Konklusion

I denne rapport præsenteredes to tilgange til en analyse med henblik på at identificere væsentlige bygningsdele i bygningens livscyklus.

Analysedel 1 beskæftigede sig med bygningsdele hver for sig og i flere varianter. Resultaterne for 1 m² af de forskellige bygningsdele viste at primært vindues- og tagkonstruktioner var af betydning for de potentielle miljøpåvirkninger og ressourceforbrug. Bygningsdele som indervægge og terrændæk ligger i påvirkning pr m² umiddelbart i den lavere ende i forhold til de andre bygningsdele.

Samtidig viste resultaterne fra analysedel 1 at der for nogle bygningsdele var stor resultatspredning for de forskellige varianter af samme bygningsdel. Dette var blandt andre tilfældet for vinduer. I bygningsdesignet er det derfor væsentligt at holde sig klart at der kan være stor forskel på LCA-resultater alt efter hvilket vinduesdesign man vælger til huset. Påvirkningen fra den enkelte bygningsdel hænger dog tæt sammen med det areal som bygningsdelen udgør af den hele bygning.

I analysedel 2 viste resultaterne fra livscyklusvurderinger af en samlet bygning, at det for et typisk parcelhus' vedkommende vil være klimaskærmen i form af tag, terrændæk og ydervæg med vinduer, der har betydning for resultaterne. For et kontorhus med 4 etager er etagedækkene den største bidrager til miljøpåvirkninger og ressourceforbrug.

Opdelt på materialegrupper er det materialegrupperne cement og tegl der står for den største del af bidragene i parcelhuset, men set i forhold til at disse materialer udgør mere end 60 % af bygningens samlede masse, er bidraget ikke opsigtsvækkende. Det er til gengæld bidragene fra især glas og isolering, der ellers procentmæssigt ikke fylder meget af husets masse. I kontorhuset er det ligeledes de cementbaserede materialer, der bidrager mest, men også glas, plast/bitumen og metal.

Af livscyklusfaserne der involverer materialer er det materialeproduktionsfasen der står for den største del af bygningens samlede miljøpåvirkning. Udsiftningerne beløber sig til ca. halvdelen af påvirkningerne for parcelhusets vedkommende og lidt mindre for kontorhusets vedkommende. Bortskaffelse samt fasen for næste produktsystem udgør i de fleste kategorier en besparelse i de samlede resultater. Dog vil forbrændingen af træmaterialer medføre en udledning af CO₂ fra denne fase, hvilket ses af parcelhusets resultater.

Ved en analyse af påvirkninger fra energiforbrug mod påvirkninger fra materialeforbruget ved parcelhuset er konklusionen, at selvom materialeforbruget øges i bestræbelserne på at forbedre klimaskærmen, er den samlede besparelse på energiforbrugets miljøpåvirkninger større endnu. Det vil sige, at de samlede resultater falder med op til 40 procentpoint fra en 2010-bygning til en energiklasse 2020-bygning, selvom materialernes samlede miljøpåvirkninger øges en smule. Miljøpåvirkninger fra energiforbruget har traditionelt været den største bidrager til bygningers LCA-resultater. Eftersom fremtidens bygninger forventes at have et lavt energiforbrug til drift, kommer de indlejrede påvirkninger fra materialer dog til at fylde desto mere i den samlede LCA for en bygning.

Henvisninger

Guinée, J.B.; Gorrée, M.; Heijungs, R.; Huppes, G.; Kleijn, R.; Koning, A. de; Oers, L. van; Wegener Sleeswijk, A.; Suh, S.; Udo de Haes, H.A.; Bruijn, H. de; Duin, R. van; Huijbregts, M.A.J. 2002; Handbook on life cycle assessment. Operational guide to the ISO standards. I: LCA in perspective. IIa: Guide. IIb: Operational annex. III: Scientific background. Kluwer Academic Publishers, ISBN 1-4020-0228-9, Dordrecht

Marsh, R; Rasmussen, F; 2014; LCA-profiler for bygningsdele - Et katalog til brug tidligt i designprocessen, Statens Byggeforskningsinstitut, Aalborg Universitet, København SV

Aagaard, N; Brandt, E; Aggerholm, S; Haugbølle, K; 2013. Levetider af bygningsdele ved vurdering af bæredygtighed og totaløkonomi, SBI 2013:30, Statens Byggeforskningsinstitut, Aalborg Universitet, ISBN 978-87-563-1586-9, København SV

Kellenberger D, Althaus HJ. 2009; Relevance of simplifications in LCA of building components. Building and Environment;44

Zabalza I, Aranda A, Scarpellini S. 2009; Life cycle assessment in buildings: State-of the art and simplified LCA methodology as a complement for building certification. Building and Environment;44

Blengini, A; Di Carlo, T; 2009; The changing role of life cycle phases, sub-systems and materials in the LCA of low energy buildings; Energy and Buildings; 42

Appendiks I: LCA-metode

Dette appendiks beskriver detaljer angående de foretagne LCA-beregninger til rapporten.

Der er overordnet taget udgangspunkt i den fælleseuropæiske standard DS/EN 15978, "Bæredygtighed inden for byggeri og anlæg – Vurdering af bygningers miljømæssige kvalitet – Beregningsmetode", som fastlægger fælles retningslinjer for den frivillige opgørelse af miljømæssig bæredygtighed ved en bygning eller konstruktion.

Funktionel enhed

Den funktionelle enhed beskriver den grundlæggende enhed der analyseres i en LCA. Resultaterne fra forskellige LCA-studier kan sammenlignes direkte hvis de er baseret på samme funktionelle enhed og benytter ens databaser og systemafgrænsninger.

For rapportens analysedel 1 – Bygningsdele – er den funktionelle enhed for beregningerne:

- 1 m² bygningsdel i en dansk lavenergi 2015-bygning til beboelse over en 120-årig tidshorisont

Beregningerne er foretaget på en lang række forskellige bygningsdele, jvf kapitel 3.

For rapportens analysedel 2 – Bygningen – er der foretaget LCA-beregninger på to forskellige bygningstyper. De funktionelle enheder for beregningerne er som følger:

- Et typisk dansk parcelhus i ét plan med et bruttoareal på 149 m² og en forventet levetid på 120 år
- Et typisk dansk kontorhus i flere etager med et bruttoareal på 4157 m² (3283 m² opvarmet) og en forventet levetid på 80 år

De typiske konstruktioner der er modelleret for henholdsvis parcel- og kontorhus kan dels læses af tabellerne 1 og 2 og er ydermere præsenteret i flere detaljer i appendiks III.

Systemafgrænsning

Af tabel 7 fremgår samtlige moduler der indgår i systemafgrænsningen som præsenteres i CEN/TC 350. De markerede processer er inkluderet i LCA-beregningerne foretaget i dette projekt.

Tabel 7 Oversigt over livscyklusfaser og processer i en bygningsLCA som defineret i CEN/TC 350-standarderne. Processer inkluderet i dette projekt er markeret.

<i>Livscyklusfaser</i>	<i>Processer</i>
Produktionsfase	A1 Udvinning af råstoffer
	A2 Transport til fremstilling
	A3 Materialefremstilling
Konstruktionsfase	A4 Transport til byggeplads
	A5 Installation
Brugsfase	B1 Ibrugtagning
	B2 Vedligehold
	B3 Reparation
	B4 Udskiftning
	B5 Renovering
	B6 Energiforbrug til opvarmning og bygningsdrift³
	B7 Vandforbrug
Bortskaffelsesfase	C1 Nedrivning
	C2 Transport til affaldsbehandling
	C3 Affaldsbehandling
	C4 Deponering
Næste produktsystem	D Genbrugs-/ genanvendelses-/ el. genvindings-potentiale

Systemafgrænsningen svarer til en simplificeret version af en fuldstændig bygnings-LCA. En stor del af de udeladte livscyklus-processer er udeladt fordi de baserer sig på scenarier præget af stor usikkerhed, f.eks vil reparationsbehovet afhænge af en lang række faktorer såsom beboernes adfærd, vejforhold på bygningslokaliteten, reparationspraksis osv.

Udover at være præget af usikkerhed angående scenarier, er en række af de udeladte processer derudover kendt for ofte kun i mindre grad (dvs med et par procent) at bidrage til de samlede resultater af en bygnings-LCA. Det gælder bl.a. for transport-processerne, installation/opførelsen af bygningen og nedrivningen (se blandt andre Blengini & Di Carlo. 2009; Zabalza et al. 2009; Kellenberger & Althaus 2008). Ved udførelsen af LCA på en specifik bygning hvor lokaliteten er kendt bør alle kendte proces-parametre dog indgå i LCA'en, herunder f.eks. transporttyper og –distancer.

³ Energiforbrug i brugsfasen er kun inkluderet i beregningerne til analysen Materialer mod Energiforbrug, kapitel 4

Scenarier til beregningerne

Materialelevetider

Den danske levetidstabel for byggematerialer (Aagaard m.fl, 2013) er benyttet til at fastlægge de enkelte materials levetider i byggeriet. I visse tilfælde ses der dog bort fra de værdier der angives i levetidstabellen:

Hvis et midterliggende materiale i en svært adskillelig sandwichkonstruktion har kortere levetid end de yderliggende materialer, antages at det midterliggende materiale først udskiftes når det af de yderliggende materialer med kortest levetid udskiftes.

For bærende strukturer i byggeriet antages det at materialerne heri holder bygningens levetid ud. Således antages det eksempelvis at et terrændæk af beton holder bygningens levetid ud frem for at blive skiftet efter 100 år.

Udskiftninger

Hvis levetiden af et materiale eller en komponent er lavere end bygningens forventede levetid regnes med en eller flere hele udskiftninger alt efter materialets specifikke levetid som angivet i den danske levetidstabel for byggematerialer dvs. miljøpåvirkningen fra en facadebeklædning med levetid på 80 år tæller med en faktor 2 i den samlede LCA for en bygning med en forventet levetid på 120 år.

Bortskaffelse og næste produktsystem

Beregningen af miljøpåvirkninger fra bortskaffelse samt eventuelle gevinster fra næste produktsystem beregnes ud fra aktuelle data selvom processerne antages at foregå flere årtier ude i fremtiden.

Som udgangspunkt følger materialerne de scenarier der beskrives i tabel 8, men der kan være afvigelser i blandt. Et mere detaljeret indblik i scenarierne for de enkelte byggevarer gives i appendiks III og IV.

Tabel 8 Scenarier for materialegrupper

<i>Materialegruppe</i>	<i>Bortskaffelse</i>	<i>Nyt produktsystem</i>
Træ og træbaserede materialer	Forbrænding på kraftvarmeværk	Erstatter elmix samt varme produceret på naturgas
Cementbaserede materialer	Nedknusning	Genanvendelse som vejfyld. Erstatter grus
Metal	Neddeling og omsmeltning	Erstatter jomfruelige metaller
Isoleringsmaterialer	Fyldplads	-
Fliser og tegl	Nedknusning	Genanvendelse. Erstatter grus
Plast- og bitumenmaterialer	Fyldplads	-
Glas	-	-
Malervarer	-	-

For enkelte materialer findes ingen passende datasæt i databasen (eksempelvis genanvendelse af glas). I disse få tilfælde ses der i beregningerne bort fra faserne for bortskaffelse samt nyt produktsystem.

Resultaterne for livscyklusfasen for nyt produktsystem, eksempelvis de gevinster eller ulemper som genanvendelse af materialer måtte indebære, bør i henhold til DS/EN 15978 rapporteres separat og altså ikke regnes sammen med fasen for bortskaffelse. Denne opdeling har dog ikke været mulig fordi de benyttede materialedatabaser (ESUCO/Ökobau 2011) ikke skelner mellem livscyklusfaserne for bortskaffelse og for nye produktsystemer.

Indikatorer

Følgende kategorier for potentielle miljøpåvirkninger samt ressourceforbrug benyttes i rapporten.

Miljøpåvirkningskategorier

GWP, potentiale for global opvarmning, i CO₂-ækvivalent

ODP, potentiale for ozonlagsnedbrydning, i R11-ækvivalent

POCP, potentiale for fotokemisk ozondannelse, i ethen-ækvivalent

AP, potentiale for forsuring, i SO₂-ækvivalent

EP, potentiale for eutrofiering, i PO₄-ækvivalent

Ressourceforbrugskategori

PE_{tot}, samlet forbrug af primærenergi (PE_{enren} + PE_{eren} + Secondary fuels)

Kategorierne lægger sig op ad CEN/TC 350 standarderne og benyttes i praksis i en stor del tilgængelige EPD'er. LCIA-metoden bag kategorierne er CML (Guinée m.fl. 2002).

Kategorien Potentiale for Abiotisk Ressourceudtømmning (ADP) er også en del af CML-metoden og optræder i CEN/TC 350-standarderne samt i de fleste produktspecifikke EPD'er. Denne kategori er dog ikke inkluderet i beregningerne her, idet det af databasen ikke fremgår præcis hvilken version de listede værdier for ADP afspejler.

Normalisering

Til normaliseringen af resultaterne benyttes CML world 1995 (Guinée m.fl. 2002). Kategorien for primærenergiforbrug er ikke omfattet af denne normaliseringsmetode.

Værktøj og databaser

Generiske datasæt for byggevarer og affaldshåndtering stammer fra ESUCO- og Ökobau-databaserne og repræsenterer tyske eller gennemsnitseuropæiske produktionsforhold og processer. Der findes endnu ikke et tilsvarende datagrundlag for danskproducerede byggevarer. Teknologien bag de tyske produktionsprocesser er antagelig sammenlignelig med danske forhold, men energiinputtet til fremstillingsprocesserne varierer nationalt og vil dermed give en vis skævhed i de faktiske resultater. Datasæt for brugsenergi til analyserne "materialer mod energiforbrug", kapitel 4, afspejler det danske forbrugsmix af henholdsvis elektricitet og fjernvarme.

Alle beregninger er foretaget i Excel 2010. Beregninger til rapportens analysedel 1 er udført som en del af projektet "LCA-profiler af bygningsdele" under InnoBYG (Marsh og Rasmussen, 2014).

Appendiks II

Baggrund til analysedel 1- Varianter af bygningsdele

Princippet i beregningerne for samtlige varianter er at de anses som værende opbygget i kombinationer af 1-3 beregningslag.

Bygningsdele i 3 beregningslag kan eksempelvis være en ydervæg med en indersidekonstruktion, isoleringsmateriale i midten og en ydersidekonstruktion. Bygningsdele i 1 beregningslag kan eksempelvis være en indervæg af glas.

Hvert beregningslag kan udføres med forskellige kombinationer af materialer og mængder. Eksempelvis er et betonfundament til en tung ydervæg opbygget anderledes end et betonfundament til en let ydervæg.

Tabel 9 beskriver de beregningslag der indgår som en del af konstruktionsløsningerne for de forskellige bygningsdele.

Tabel 9 Beregningslag af typiske konstruktionsløsninger benyttet til beregningerne i kapitel 3

Bygningsdel	Beregningslag 1	Beregningslag 2	Beregningslag 3
Fundament	<ul style="list-style-type: none"> Beton med jernarmering 	<ul style="list-style-type: none"> Isolering 	
Terrændæk	<ul style="list-style-type: none"> Beton slidlag Linoleum & slidlag Tæppe og slidlag Natursten Teglsten Trægulv 	<ul style="list-style-type: none"> EPS & beton med jernarmering Træskelet og mineraluld 	<ul style="list-style-type: none"> Singels Krybekælder med ventileret hulrum
Etagedæk	<ul style="list-style-type: none"> Maling Nedhængt loft Gipsplade og forskalling 	<ul style="list-style-type: none"> Beton huldæk Stålelement og mineraluld 	<ul style="list-style-type: none"> Beton slidlag Linoleum og slidlag Tæppe og slidlag Natursten Teglsten Trægulv Tæppe
Ydervæg	<ul style="list-style-type: none"> Murværk Porebetonblokke Beton med jernarmering Puds Gipsplade og stålægter Gipsplade og trælægter 	<ul style="list-style-type: none"> Mineraluld Massiv porebetonblok Stålskelet og mineraluld Stålskelet og paipruld Træskelet og mineraluld Træskelet og papiruld Mineraluld til puds 	<ul style="list-style-type: none"> Murværk Betonsandwich Puds Fyrretræ Lærketræ Fibercementplade Natursten Skærmtegl Aluminium Zink
Tag	<ul style="list-style-type: none"> Beton huldæk Nedhængt loft & beton huldæk Nedhængt loft og ståltrappezplade Gipsplade og forskalling 	<ul style="list-style-type: none"> Trykfast mineraluld Stålelement og mineraluld Træelement og mineraluld Mineraluld til tagrum Papiruld til tagrum 	<ul style="list-style-type: none"> Tagpap Membran Grønt tag Zinkplade Tegl og undertag Tegl, træspær og tagrum

Indervæg	<ul style="list-style-type: none"> • Puds og maling • Maling • Gips og maling • Glasvæg 	<ul style="list-style-type: none"> • Murværk • Porebeton • Beton med jernarmering • Stålskelet og mineraluld • Træskelet og mineraluld • Træskelet og papiruld 	<ul style="list-style-type: none"> • Puds og maling • Maling • Gips og maling
Vindue	<ul style="list-style-type: none"> • Trævindue • Træ-/kompositvindue • Aluminium glasfacade • Aluminium dobbeltfacade • Aluminium facadesystem • Træ/aluminium ovenlys • Aluminium glastag 	<ul style="list-style-type: none"> • Energirude 4 mm glas • Energirude 6 mm glas • Energirude 6 mm og rude 6 mm • Isoleret panel 	<ul style="list-style-type: none"> • Aluminium solaf-skærmning • Træ solafskærmning

Appendiks III

Opgørelsesliste over byggerierne

Appendiks III

Opgørelsesliste over byggeriet

PARCELHUS (Lavenergi 2015)								
Sfb	Materiale	Areal [m²]	Længde [m]	Mængde [kg]	Service life [år]	Benyttet datasæt	Database	EoL flow*
Fundamenter (12)								
	Beton C12		54	29.101	120	EU_1.4.01_Ready-mixed_concrete_C12-15	ESUCO	12
	Letklinkerblokke		54	3.240	120	EU_1.3.04_Lightweight_concrete_(expanded_clay)_flat_blocks_exterior_wall	ESUCO	12
	Midterisolering		54	194	120	EU_2.02_Expanded_polystyrene_(EPS)_PS_30	ESUCO	11
Terrændæk (13)								
	Beton C12	128		29.727	120	EU_1.4.01_Ready-mixed_concrete_C12-15	ESUCO	12
	Armeringsstål			1.797	120	DE_4.1.02_Reinforcing_steel	ESUCO	1
	EPS S80 gulv	128		710	120	EU_2.02_Expanded_polystyrene_(EPS)_PS_15	ESUCO	11
	grus	128		40.960	120	EU_1.2.01_Gravel_grit_2-32_mm	ESUCO	12
	Dampspærre PE	128		17	120	6.6.02_Dampfbremse_PE	ESUCO	13
Ydervægge (21)								
	bagmur, porebeton	112		5.264	120	EU_1.3.03_Autoclaved_aerated_concrete_P4_05_blocks	ESUCO	12
	Mineraluld facade	112		1.288	120	DE_2.01_Mineral_wool_(fasade_insulation)	ESUCO	5
	mursten	91		17.636	120	EU_1.3.02_Facing_bricks	ESUCO	12
	Mørtel	21		3.677	120	EU_1.4.02_Normal_mortar	ESUCO	12
Indervægge (22)								
	skillevæg, porebeton	96		4.528	100	EU_1.3.03_Autoclaved_aerated_concrete_P4_05_blocks	ESUCO	12
	spartelmasse, gips	293		439	40	EU_1.4.04_Gypsum-lime_interior_plaster	ESUCO	12
Tage (27)								
	træ, konstruktion	195		1.323	120	EU_3.1.02_Solid_structural_timber_pine_(KVH)	ESUCO	2
	bitumenmembran	195		975	60	EU_6.3.01_Bitumen_membrane_V_60	ESUCO	1
	Dampspærre PE	150		20	60	6.6.02_Dampfbremse_PE	ESUCO	13
	Loftisolering	150		1.800	120	DE_2.01_Mineral_wool_(pitched_roof_insulation)	ESUCO	5
	OSB-plader	195		1.811	60	EU_3.2.04_Oriented_Strand_Board_(OSB)	ESUCO	2
Ydervægge, komplettering (31)								
	thermovindue, 3-lags	23		698	25	7.2.01_Isolierglas_2-Scheiben [datasæt korrigeret for 3-lags ruder ved at gange med faktor 1,5]	Ökobau	1
	vinduesramme, alu		81	116	50	EU_7.1.06_Aluminium_window_frame_profile_(thermically_	ESUCO	2
	vindueskarm, træ		81	173	50	7.1.01_Holz-Blendrahmen	Ökobau	2
Indervægge, komplettering (32)								
	glasfibervæv	293		12	120	6.6.04_Glasvlies	Ökobau	1
	trædøre	20		470	60	EU_3.1.01_Timber_spruce_(12%_humidity,_10,7%_H2O)	ESUCO	2
Lofter, komplettering (35)								
	Gipsplade	1280		832	40	EU_1.3.13_Gypsum_fibre_board	ESUCO	5
Indvendige vægoverflader (42)								
	maling, vandbaseret	293		38	10	DE_5.6.04_Water-based_paint	ESUCO	1
Dæk og gulve, overflader (43)								

Appendiks III
Opgørelsesliste over byggeriet

	gulvtæppe	42		89	30	6.2.05_Textiler_Bodenbelag_(GK_22,_LC_2-3)	Ökobau	15
	fliser, glaserede	10		103	60	1.3.07_Steinzeugfliesen_glasiert	Ökobau	12
	Trægulv	26		168	60	EU_3.3.02_Multi-layer_parquet	ESUCO	3
	fliseklæber	74		278	30	EU_1.4.05_Tile_adhesive	ESUCO	1
	fliser, ikke-glaserede	64		638	60	1.3.07_Steinzeugfliesen_unglasiert	Ökobau	12
Tage, overflader (47)								
	Tagdækning, tegl	195		8.775	60	EU_1.3.10_Roof_tiles	ESUCO	12
Afløb og sanitet (52)								
	sanitærkeramik			69	40	DE_8.3.1_Sanitary_ware	ESUCO	18
Vand (53)								
	varmtvandsbeholder			40	30	DE_8.1.3_Buffer_storage_(stainless_steel)	ESUCO	8
Varme (56)								
	Cirkulationspumpe			5	20	DE_8.1.3_Circulating_pump_50-250W	ESUCO	8
Ventilationsanlæg (57)								
	Ventilationssystem			99	25	DE: 8.2.1 Ventilation system central with heat recovery 1.000 m3/h	ESUCO	10

* (se EoL flow-detajler i Appendiks IV)

Appendiks III
Opgørelsesliste over byggeriet

KONTORHUS (Lavenergi 2015)								
Sfb	Materiale	Areal [m ²]	Længde [m]	Mængde [kg]	Service life [år]	Benyttet datasæt	Database	EoL flow*
Fundamenter (12)								
	Beton C35-45			4.730	120	EU_1.4.01_Ready-mixed_concrete_C35-45	ESUCO	12
Terrændæk (13)								
	EPS dens 30		554	1.663	100	EU_2.02_Expanded_polystyrene_(EPS)_PS_30	ESUCO	11
	grus		832	199.560	100	EU_1.2.01_Gravel_grit_2-32_mm	ESUCO	12
	Beton C12		832	196.650	100	EU_1.4.01_Ready-mixed_concrete_C12-15	ESUCO	12
	Armeringsstål		832	6.236	100	DE_4.1.02_Reinforcing_steel	ESUCO	1
Ydervægge (21)								
kælder	Beton C20-25	330		273.158	120	EU_1.4.01_Ready-mixed_concrete_C20-25	ESUCO	12
	Mineraluld facade	53		182	120	DE_2.01_Mineral_wool_(fasade_insulation)	ESUCO	5
	Letklinkerblokke	330		8.250	120	EU_1.3.04_Lightweight_concrete_(expanded_clay)_flat_blocks_exterior_wall	ESUCO	12
	Mørtel	330		5.280	120	EU_1.4.02_Normal_mortar	ESUCO	12
gavlparti	Teglsten, 1800	417		81.125	120	EU_1.3.02_Facing_bricks	ESUCO	12
	Mørtel	98		16.915	120	EU_1.4.02_Normal_mortar	ESUCO	12
	Mineraluld facade	515		5.925	120	DE_2.01_Mineral_wool_(fasade_insulation)	ESUCO	5
	Beton C20-25	515		182.767	120	EU_1.4.01_Ready-mixed_concrete_C20-25	ESUCO	12
	Armeringsstål	515		4.122	120	DE_4.1.02_Reinforcing_steel	ESUCO	1
	Indv. puds	515		8.243	60	EU_1.4.02_Normal_mortar	ESUCO	12
facadekonstruktion	træ, konstruktion	624		4.622	120	EU_3.1.02_Solid_structural_timber_pine_(KVH)	ESUCO	2
	Gipsplade	624		6.241	40	EU_1.3.13_Gypsum_fibre_board	ESUCO	5
	Mineraluld facade	624		8.613	80	DE_2.01_Mineral_wool_(fasade_insulation)	ESUCO	5
	Dampbremse PE	624		81	80	6.6.02_Dampfbremse_PE	ESUCO	13
	Bitumenmembran (let)	624		2.122	80	EU_6.3.01_Bitumen_membrane_V_60	ESUCO	1
	Fibercementplader (coatede)	624		8.488	50	EU_1.3.12_Fibre_cement_facade_panels_coated	ESUCO	5
Indervægge (22)								
	Beton C20-25	616		145.684	100	EU_1.4.01_Ready-mixed_concrete_C20-25	ESUCO	12
	Armeringsstål	616		12.320	100	DE_4.1.02_Reinforcing_steel	ESUCO	1
	Mørtel	616		19.712	60	EU_1.4.02_Normal_mortar	ESUCO	12
Etagedæk (23)								
	Beton C35-45	3.326		1.363.660	120	EU_1.4.01_Ready-mixed_concrete_C35-45	ESUCO	12
	Armeringsstål	3.326		39.912	120	DE_4.1.02_Reinforcing_steel	ESUCO	1
	cementslidlag (20 mm)	3.326		126.388	120	EU_1.4.03_Cement_screed	ESUCO	12
	Dampbremse PE	1.663		216	120	6.6.02_Dampfbremse_PE	ESUCO	13
Trapper (24)								
	Beton C35-45			18.246	80	EU_1.4.01_Ready-mixed_concrete_C35-45	ESUCO	12
	Armeringsstål			962	80	DE_4.1.02_Reinforcing_steel	ESUCO	1
Søjler/bjælker (25)								
	Beton C35-45			74.537	80	EU_1.4.01_Ready-mixed_concrete_C35-45	ESUCO	12

Appendiks III
Opgørelsesliste over byggeriet

	Armeringsstål			3.874	80	DE_4.1.02_Reinforcing_steel	ESUCO	1
Tage (27)								
	Beton C35-45	832		297.677	120	EU_1.4.01_Ready-mixed_concrete_C35-45	ESUCO	12
	Armeringsstål	832		6.652	120	DE_4.1.02_Reinforcing_steel	ESUCO	1
	Undertagsmembran	832		100	120	EU_6.6.02_Underroof_membrane_PE_(fabric_reinforced)	ESUCO	13
	mineraluld fladt tag	832		42.199	120	DE_2.01_Mineral_wool_(flat_roof_insulation)	ESUCO	5
Ydervægge, komplettering (31)								
	thermovindue, 3-lags	716		21.465	25	7.2.01_Isolierglas_2-Scheiben [datasæt korigeret for 3-lags ruder ved at gange med faktor 1,5]	Ökobau	1
	vinduesramme, alu		1160	1.659	50	EU_7.1.06_Aluminium_window_frame_profile_(thermically_	ESUCO	2
	vindueskarm, træ		1160	2.482	50	7.1.01_Holz-Blendrahmen	Ökobau	2
Lofter, komplettering (35)								
	rustfri stål	3326		2185	40	DE_4.2.01_Stainless_steel_sheet	ESUCO	8
	Mineraluld indvendig	3326		1730	40	DE_2.01_Mineral_wool_(interior_insulation)	ESUCO	5
Indvendige vægoverflader (42)								
	maling, vandbaseret	1635		213	10	DE_5.6.04_Water-based_paint	ESUCO	1
Dæk og gulve, overflader (43)								
	fliseklæber	3062		11.481	40	EU_1.4.05_Tile_adhesive	ESUCO	1
	Vinylgulv	3062		13.471	40	6.2.01_PVC_Flex-Platten_(VCT)_EN_654_	Ökobau	5
Tage, overflader (47)								
	Bitumenmembran (let)	832		2.827	15	EU_6.3.01_Bitumen_membrane_V_60	ESUCO	5
	Bitumenmembran (skiferbelægn	832		4.740	15	EU_6.3.01_Bitumen_membrane_PYE-PV_200_S5_ns_(slated)	ESUCO	5
Afløb og sanitet (52)								
	sanitærkeramik			720	40	DE_8.3.1_Sanitary_ware	ESUCO	18
Vand (53)								
	varmtvandsbeholder			186	30	DE_8.1.3_Buffer_storage_(stainless_steel)	ESUCO	8
Varme (56)								
	Cirkulationspumpe			5	20	DE_8.1.3_Circulating_pump_50-250W	ESUCO	8
Ventilationsanlæg (57)								
	Ventilationssystem			1.408	25	DE: 8.2.1 Ventilation system central with heat recovery 1.000 m3/h	ESUCO	10

* (se EoL flow-detajler i Appendiks IV)

Appendiks IV

Materialeflows – Bortskaffelse og næste produktsystem

Appendiks IV
Materialeflows - Bortskaffelse og næste produktsystem

EoL flow	EoL proces	Datasæt	Database
1	Ingenting	-	-
2	Træ, brændes	EU_3.4_End_of_Life_natural_wood,_incineration_in_MWI	ESUCO
3	Træbaseret, brændes	EU_3.4_End_of_Life_wood-based_materials,_incineration_in_MWI	ESUCO
4	PEX gulvvarmeslanger, 200mm	EU_8.7.1_End_of_life_-_Underfloor_heating_system_PEX_(200_mm_distance)	ESUCO
5	Fyldplads	EU_9.5.02_Landfill_construction_waste	ESUCO
6	Genanvendelse, aluminium	EU_4.8_Recycling_potential_aluminium_(sheet_and_profiles)	ESUCO
7	Genanvendelse, kobber	EU_4.8_Recycling_potential_copper_sheet	ESUCO
8	Genanvendelse, rustfrit stål	EU_4.8_Recycling_potential_stainless_steel_sheet	ESUCO
9	Genanvendelse, aluminium vinduesramme	EU_7.5_Recycling_potential_aluminium_window_frame	ESUCO
10	Genanvendelse ventilationsanlæg	EU_8.7.2_End_of_life_-_Ventilation_central_HR_1.000_m3_h	ESUCO
11	PS brændes på MWI med energiproduktion	EU_6.8_Polystyrene_incineration_in_MWI_incl._credit	ESUCO
12	mineralske byggematerialer, neddeling og genanvendelse	[EU: 9.5.01 Construction waste conditioning] - [EU: 1.2.01 Gravel grit 2-32 mm]	ESUCO
13	plastik brændes på MWI med energiproduktion	EU_6.8_Plastic,_incineration_in_MWI_incl._credit	ESUCO
14	rec potential stålprofil	4.8 Recyclingpotential Stahlprofil;	Ökobau
15	tæppe i MWI	6.8.01_Altteppich-Verbrennung_in_MVA_inkl._Gutschrift	ÖkoBau
16	Varmtvandsbeholder	EU_8.7.1_End_of_life_-_Buffer_storage_(stainless_steel)	ESUCO
17	forbrænding alm husholdaffald	EU_9.5.04_Incineration_of_household_waste	ESUCO
18	EoL sanitary ware	EU_8.7.3_End_of_life_-_Sanitary_ware	ESUCO

Livscyklusvurderinger bruges i stigende grad som et værktøj til at klarlægge et byggeris miljømæssige bæredygtighed over bygningens samlede levetid.

I denne rapport bruges metoden til at analysere både en række varianter af de almindeligste bygningsdele samt eksempler på typiske danske parcelhus- og kontorbyggerier med forskellige energiprofiler.

Hermed får byggeriets parter et opdateret vidensgrundlag til at vurdere forskellige byggevarer og bygningsdeles væsentlighed for et byggeris samlede miljøpåvirkning og ressourceforbrug.

1. udgave, 2015
ISBN 978-87-563-1663-7